

# 3D-PDF:N SOVELTAMINEN KONSULTTIALALLA SUOMESSA

Tilaaja, suunnittelu ja asiakaspinta

Karppinen Antti

Opinnäytetyö  
Konetekniikka  
Insinööri (AMK)

2020

Konetekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Antti Karppinen	<b>Vuosi</b>	2020
<b>Ohjaaja</b>	DI Ari Pikkarainen		
<b>Toimeksiantaja</b>	WSP Finland Oy		
<b>Työn nimi</b>	3D-pdf:n soveltaminen konsulttialalla Suomessa		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	53		

---

Opinnäytetyön tavoite oli tutkia, kuinka 3D-pdf-tiedosto voisi toimia konsulttialalla ja tehdä tiedostomuodosta nykyistä tunnetumpi. Tutkimuksen näkökulmia saatiin hanketta tukeneilta WSP:ltä, POP-ELY:ltä ja Väylävirastolta. Tutkimusalueet olivat suunnittelu ja siihen liittyvät toimet, esitysmateriaali sekä arkistointi, jälleenkäyttö ja tiedoston kommentointi ja muokkaus.

Työssä käytettiin lähteinä internetin tarjoamaa tietoa ja ulkomaalaisia yrityksiä, jotka tekevät 3D-pdf-tiedostoon liittyviä ohjelmistoja. Työn tuloksiin ja analyysihin käytettiin itse tehtyä aineistoa sopivilla ohjelmistoilla, joita tutkimuksen aikana löytyi.

Haasteena projektissa oli aiheen laajuus ja täten rajattu aika kutakin osaa kohden. Opinnäytetyön tuloksena saatiin kuitenkin hyvin näkemystä 3D-pdf-tiedoston mahdollisuuksista konsulttialalla jokaisen osallistujan näkökulmasta. Tutkimuksen perusteella voi alustavasti sanoa, miten 3D-pdf-tiedosto toimii eri toimenkuvissa ja on helppo suositella jatkotutkimuksia aiheesta.

Avainsanat                      3D-pdf, suunnittelu, esitysmateriaali, arkistointi,  
muokattavuus, kommentointi

Mechanical Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Antti Karppinen	<b>Year</b>	2020
<b>Supervisor</b>	Ari Pikkarainen, M.Sc. (Tech.)		
<b>Commissioned by</b>	WSP Finland OY		
<b>Subject of thesis</b>	3D pdf application in consulting business in Finland		
<b>Number of pages</b>	53		

---

The purpose of this theses was to investigate how 3D pdf file could work in consulting business and make the file format better known. The guidelines for thesis were from the supporters of the project. The supporters were WSP, POP-ELY and Väylävirasto. The fields of study were design and related activities, presentation material as well as archiving including reuse and file commenting and editing.

The thesis had to rely a lot on the information on the internet and information provided by foreign companies that made 3D pdf related software. The results and analyzes of the work were based on self-created material with suitable software found during the study.

The challenge in the thesis was the scope of the topic and thus the limited time for each part. However, the result of the thesis was a good insight into the possibilities of a 3D pdf file in the field of consulting according to the perspective of each participant. Based on the research, one can tentatively say how it works in different job descriptions and it is easy to recommend further research on the topic.

Key words

3D pdf, design, presentation material, archiving, editable and commenting

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
1.1	Työn tavoite .....	8
1.2	Työn rajaus .....	8
1.3	Työssä käytettävä periaate .....	8
2	WSP FINLAND OY .....	10
2.1	Historia.....	10
2.2	Nykyhetki .....	11
2.3	Toimiala .....	12
3	TIEDOSTOMUODOT JA OHJELMAT .....	13
3.1	PDF.....	13
3.2	3D-PDF.....	13
3.3	Tekla Structures.....	16
3.4	Publish to 3D-PDF .....	17
3.5	Trimble Novapoint.....	17
3.6	Autodesk Navisworks Manage 2019.....	18
3.7	Vision Workplace Software Solutions 3DPDF.....	18
3.8	Autodesk InfraWorks.....	19
3.9	SketchUp .....	20
3.10	Simlab 3D-Plugins SketchUp.....	21
3.11	Vision Workplace CAD Converter.....	21
3.12	Adobe Acrobat Reader DC .....	22
4	3D-PDF TIETOJA .....	23
4.1	Toiminta .....	23
4.2	Soveltuvuus .....	23
4.3	Ominaisuudet.....	24
5	3D-PDF KÄYTTÖ JA SOPIVUUS SUOMESSA.....	27
5.1	3D-pdf tiedoston laadusta ja tietosisällöstä.....	27
5.2	3D-pdf siltasuunnittelussa.....	30
5.2.1	Siltasuunnittelussa tehdyt 3D-pdf havainnot .....	31
5.2.2	3D-pdf esittelymateriaalina.....	38

Koulutusalan nimi  
Koulutusala  
Koulutus

---

5.2.3 3D-pdf tiedoston arkistointi, muokkaus, kommentointi ja jälleenkäyttö .....	45
6 POHDINTA .....	50
LÄHTEET .....	52

## ALKUSANAT

Haluaisin kiittää työnantajaani WSP:tä, sekä Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen Kuotesahon Aria ja Väylävirastolta Tirkkosen Timoa ja Nykäsen Simoa osallistumisesta opinnäytetyön tilaukseen ja tukemiseen. Erityisesti haluan kiittää työkavereitani Suojasen Hannua ja Ruokasen Paulia, joiden avulla opinnäytetyön isoimmat ongelmat saatiin ratkottua ja opinnäytetyön ohjaajalle Pikkaraisen Arille suuri kiitos pitkäjänteisestä ja hyvästä opastuksesta opinnäytetyön aikana.

Muhoksella 22.5.2020

Antti Karppinen

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

PDF	Portable Document Format. Ohjelmistoriippumaton tiedostomuoto valmiiden julkaisujen siirtoon.
Tekla	Suunnitteluohjelmisto Tekla, jonka alla monta eri sovellusta. Tässä tarkoitetaan kuitenkin Tekla Structures ohjelmistoa.
IFC	Industry Foundation Classes. ISO/PAS 16739 standardi oliopohjaisen tiedon siirtoon järjestelmä toiseen.
DWG	Yleinen CAD-tiedostotyyppi 2D ja 3D-piirustuksille. Tuotetaan Autodesk ohjelmistoilla.
DGN	CAD tiedostomuoto, jonka käyttäjiä muun muassa Bentley System ja Microstation
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu
FBX	Autodeskin omista tiedostomuoto, joka voi sisältää 2D tai 3D tietoa.
OBJ	Standardi 3D kuvatiedostomuoto. Voi sisältää koordinaatit, textuurit ja jopa referenssit. käytetään 3D tulostamiseen ja 3D grafiikkaan.
ISO	International Organization for Standardization on kansainvälinen standardisoimisjärjestö
BIM	Building Information Model, joka tarkoittaa rakennuksen tietomallia.

## 1 JOHDANTO

Tämän projektin päämäärä on selvittää, voisiko konsulttialalla hyödyntää 3D-pdf-tiedostomuotoa ja jos voi, niin miten ja kuinka hyvin se siihen soveltuu. Tällä hetkellä 3D-pdf-tiedostomuoto ei ole yleisesti käytössä rakennesuunnittelupuolella. Nykyisin suunnittelu on vahvasti sidottu Tekla Structures-ohjelmiston 3D-maailmaan ja sen 3D-mallien tarkasteluun tarvitaan yleensä jokin ohjelmisto kuten Trimble Connect ja Solibri. Työssä tutkitaan 3D-pdf-tiedoston tekoa Teklasta ja testataan sen toimivuutta eri suunnittelu- ja rakentamisympäristöissä. 3D-pdf-tiedostojen tekoon käytetään Tekla Structures-lisäosaa Publish to 3D-PDF. Yhtenä näkökulmana on väyläsuunnittelu, joka on enemmän Novapoint ja Tekla Civil-painotteinen ja jossa 3D-pdf-tiedoston tekoon on monta vaihtoehtoa. Toisena näkökulmana on tiedostomuodon arkistoitavuus sekä muokkaus ja jälleenkäyttö.

### 1.1 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää 3D-pdf-tiedoston sopivuus suunnittelu-alalle ja tutkia tätä eri tason tekijöiden näkökulmasta. Työn tarkoitus on myös tuoda 3D-pdf tunnetummaksi ja tätä kautta löytää uusia tapoja työskentelyyn niin suunnittelu- kuin konsulttipuolella.

### 1.2 Työn rajaus

Opinnäytetyö rajataan käsittelemään 3D-pdf-tiedoston hyödyntämistä suunnittelussa ja sen eri tasoilla, eikä sitä sidota mihinkään projektiin vaan käytetään olemassa olevia tai käynnissä olevia kohteita. 3D-pdf-tiedostot tuotetaan pääasiassa Tekla Structures-ohjelmistolla, mutta sitä testataan myös Novapoint-ohjelmistolla tai muulla mahdollisella ohjelmalla, joka mahdollistaa 3D-pdf-tiedoston teon.

### 1.3 Työssä käytettävä periaate

Työssä tutkitaan, voiko 3D-pdf-tiedosto lisätä tietoa jossakin suunnittelu- tai rakennusvaiheessa ja miten hyvin se siihen soveltuu. Työssä testataan 3D-pdf-tie-



doston toimivuutta suunnittelun eri vaiheissa ja tutkitaan nopeuttaako tai helpottaako se työskentelyä. Lisäksi vertaillaan 3D-pdf-tiedoston hyötyjä verrattaessa nykyisiin menetelmiin (IFC, BIM, normaali pdf). Tämän lisäksi testataan eri sovelluksia ja laitteistoja, miten hyvin ne sopivat 3D-pdf-tiedoston käsittelyyn ja muokkaamiseen. Selvitetään työssä esille nousseita ongelmia ja jatkokehitystarpeita.

## 2 WSP FINLAND OY

WSP on yksi maailman suurimpia globaaleja konsultti- ja suunnitteluyrityksiä, ja WSP Finland on yksi Suomen suurimpia toimijoita alalla. WSP tuli Oulun seudulle ostamalla SuunnitteluKorteksen vuonna 2004. Suomen WSP:n aluksi on laskettu suunnittelutoimisto Kortesuoma ostaminen, joka on perustettu vuonna 1963 ja tunnettiin myöhemmin nimellä SuunnitteluKortes. (Kaleva 2004.)

### 2.1 Historia

WSP Global inc. perustettiin 1969 nimellä William Sale Partnership Isossa Britanniassa Chris Colen ja kolmen muun henkilön toimesta. WSP Group alkoi laajeta muihin maihin 1990-luvulla. Suomeen WSP tuli 2003 vuonna yrityskauppojen myötä. Vuonna 2012 Genivar Inc (Taulukko 1) osti WSP Groupin ja vuonna 2014 WSP Group muuttui WSP Global Inc:ksi. Samana vuonna WSP osti Parsons Brinckerhoffin, jolloin WSP historian aluksi tuli vuosi 1885. (WSP 2020c.)

Taulukko 1. WSP:n historiaa vuosiluvuin (WSP 2020b)

<b>2019</b>	WSP OSTAA LIEVENSEN, ALANKOMAISSA TOIMIVAN MONIALAISEN KONSULTOINTIYHTIÖN, JONKA AVULLA LOIMME JALANSIJAN ALANKOMAIDEN MARKKINOILLE.
<b>2019</b>	WSP OSTAA ORBICONIN, TANSKALAISEN YMPÄRISTÖKONSULTOINTIYHTIÖN, JOKA VAHVISTAA TOIMINTAAMME POHJOISMAISSA SEKÄ STRATEGISTEN KONSULTOINTIPALVELUIDEMME TARJONTAA YMPÄRISTÖASIOISSA.
<b>2019</b>	WSP JULKISTI TAVOITTEEN HANKKIA AMERIKKALAISEN ECOLOGY AND ENVIRONMENT INC. - YMPÄRISTÖKONSULTOINTIYHTIÖN, JOKA TARJOAA ASiantuntijapalveluita VALTIONHALLINNOILLE JA YKSITYISASIAKKAILLE ERI PUOLILLA MAAILMAA.
<b>2019</b>	WSP SIJOITTUI JÄLLEEN KERRAN LIIKENNESEKTORIN SIJALLE 1 VUOSITTAISILLA ENGINEERING NEWS-RECORDIN 225 PARHAAN KANSAINVÄLISEN SUUNNITTELUYRITYKSEN LISTALLA.
<b>2019</b>	WSP JULKAISEE SEN VUOSIEN 2019–2021 MAAILMANLAAJUISEN STRATEGISEN SUUNNITELMAN, JONKA TAVOITTEENA ON LUODA MAAILMAN JOHTAVA KONSULTOINTIYHTIÖ ALALLAAN VUODEN 2021 LOPPUUN MENNESSÄ.
<b>2018</b>	WSP SIJOITTUI LIIKENNESEKTORIN SIJALLE 1 VUOSITTAISILLA ENGINEERING NEWS-RECORDIN 225 PARHAAN KANSAINVÄLISEN SUUNNITTELUYRITYKSEN LISTALLA.
<b>2018</b>	WSP OSTAA AMERIKKALAISEN LOUIS BERGERIN, JOHTAVAN KANSAINVÄLISIÄ ASiantuntijapalveluita TARJOAVAN YHTIÖN, JOLLA ON NOIN 5 000 TYÖNTEKIJÄÄ.
<b>2017</b>	WSP OSTAA UUDESSA-SEELANNISSA TOIMIVAN OPUS-YHTIÖN, SAATTAE NÄIN PÄÄTÖKSEEN SADANNEN YRITYSKAUPAN LISTAUTUMISENSA JÄLKEEN.
<b>2016</b>	ALEXANDRE L'HEUREUX NIMITETÄÄN TOIMITUSJOHTAJAKSI
<b>2016</b>	WSP OSTAA MOUCHEL CONSULTINGIN
<b>2015</b>	WSP OSTAA MMM GROUPIN
<b>2014</b>	WSP OSTAA PARSONS BRINCKERHOFFIN
<b>2014</b>	GENIVARISTA JA WSP:STÄ TULEE WSP GLOBAL INC., JA YHTIÖN BRÄNDIKSI TULEE WSP.
<b>2012</b>	GENIVAR OSTAA WSP:N

## 2.2 Nykyhetki

WSP:llä on 49000 työntekijää maailmanlaajuisesti ja noin 550 toimistoa. Nykyisin kaikki ostetut ja yhdistetyt liiketoimet toimivat yhden brändin alla, jota kutsutaan WSP:ksi. Suomessa työskentelee yli 650 ihmistä eri paikkakunnilla. (WSP 2020c.) Nämä paikkakunnat ovat Rovaniemi, Oulu, Kuopio, Joensuu, Vaasa, Seinäjoki, Jyväskylä, Lappeenranta, Lahti, Turku ja Helsinki (WSP 2020d).

## 2.3 Toimiala

WSP on eri osaamisaloja yhdistelevä yhdyskuntarakentamisen asiantuntijayritys (Taulukko 2). WSP auttaa asiakkaita luomaan uutta ja korjaamaan vanhaa. WSP tarjoaa suunnittelua, tarkasteluja, tutkimuksia ja konsultointia niin kotimaassa kuin ulkomailla (WSP 2020d.)

Taulukko 2. Osa WSP:n organisaatiota (WSP 2020a)



### 3 TIEDOSTOMUODOT JA OHJELMAT

Alun perin pdf oli tarkoitettu tekstiaineiston ja kuva-aineiston esittämiseen eri käyttöjärjestelmille. Nykyisessä versiossa pdf tukee hyperlinkkejä, 3D-sisältöä ja animointeja. Pdf-tiedoston muokkaaminen on nykyisillä (maksullisilla) versioilla mahdollista, joten enää ei ole välttämätöntä omistaa alkuperäistä tiedostoa muutosten tekoon. Tämän takia osa varsinkin tärkeistä pdf-tiedostoista salasanoiteetaan ja muutokset niihin estetään.

#### 3.1 PDF

Pdf (Portable Document Format) on tiedostomuoto, joka tehtiin vuonna 1993 Adobe Systems nimisessä yhtiössä Windows ja OS\2 käyttöjärjestelmille. Vuoteen 2008 asti pdf oli avointa standardia, jonka jälkeen International Organization for Standardization (ISO) otti pdf-tiedoston haltuun. Pdf on nykyään yleisimpiä tiedostomuotoja tiedon välittämisessä. Versiosta 1.6 vuonna 2004 eteenpäin on Adobe Reader tukenut 3D-dataa pdf-tiedostoissa. Pdf muuttui vuonna 2006 toimimaan ISO 32000 standardin alla. Muutos tähän tuli version 1.7 mukana ja standardi tarkentui ISO 32000-1:2008. Vuonna 2017 versiossa 2.0 päivittyi standardiksi ISO 32000-2:2017. (Adobe 2020; Adobe 2015.)

#### 3.2 3D-PDF

3D-pdf on tiedosto, jossa sisältö on 3D-maailmassa. Kuvaa voi kääntää, kiertää, zoomailla ja kohteesta voi valita eri osia. Valituista osista saa eri tietoja ja ne tiedot täsmäävät alkuperäisen mallin tietoihin (Kuva 1).

## 3D PDF: some use cases in Manufacturing



Uli Isermeyer  
Sr. BDM Document Cloud  
Adobe Systems GmbH

2018-05-14

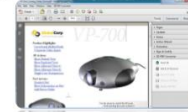
### 3D Work Instruction



### Virtual Simulation



### Spare Part Order Form



### PMI Visual Response



### Assembly Validation



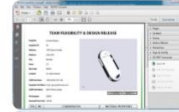
### Interactive BOM



### Marketing Document



### Part Feasibility Form



### Digital Data Package



A PDF Association Presentation · © 2018 by PDF Association · www.pdfa.org



Kuva 1. 3D-pdf käyttökohteita maailmalla (Isermeyer 2018)

Kaikki pdf-katseluohjelmat eivät tue 3D-pdf-muotoa, mutta yleisesti käytössä oleva Adobe Reader tukee kyseistä muotoa ( Adobe 2017; PDF3D 2020). Käytössä olevat 3D-pdf-standardit ovat Universal 3D (U3D) ja Product Representation Compact (PRC) (Kuva 2). (Isermeyer 2018, 12).

## PDF 3D Geometry Standards

### Universal 3D (U3D)

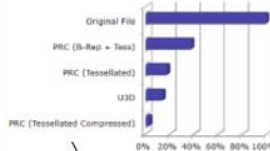
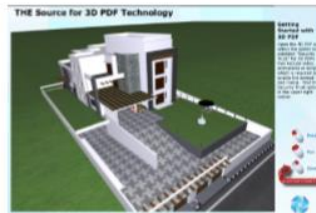
#### ECMA 363 Edition 1 (TC43)

- Tessellated meshes
- Structure
- Light sources
- Textures
- Animation (keyframe)

### Product Representation Compact (PRC)

#### ISO 14379 (TC171)

- Tessellated meshes
- Precise B-rep geometry
- Product Structure
- Product manufacturing information (PMI)
- Properties / Metadata
- Highly compressible
- Animation through Javascript



by factor 150



A PDF Association Presentation · © 2018 by PDF Association · www.pdfa.org



Kuva 2. Geometria standardeja 3D-pdf tiedostossa (Isermeyer 2018)

3D-pdf-tiedostoon saadaan sisällytettyä tietomallin lisäksi kommentteja, videoita, sekä kuvia (Kuva 3). Alla hyödyt ja mahdollisuudet 3D-pdf-tiedoston käytössä:

- 3D-data on helposti käsiteltävässä muodossa.
- Tiedostokoko pienenee.
- Pystytään lisäämään esityksiin tai toisiin pdf-tiedostoihin.
- Tiedosto voidaan salasanasuojata.
- Tiedosto voidaan tehdä monista eri tiedostomuodoista. (PDF3D ReportGen 2020.)

## 3D PDF: some usecases in the AEC industry

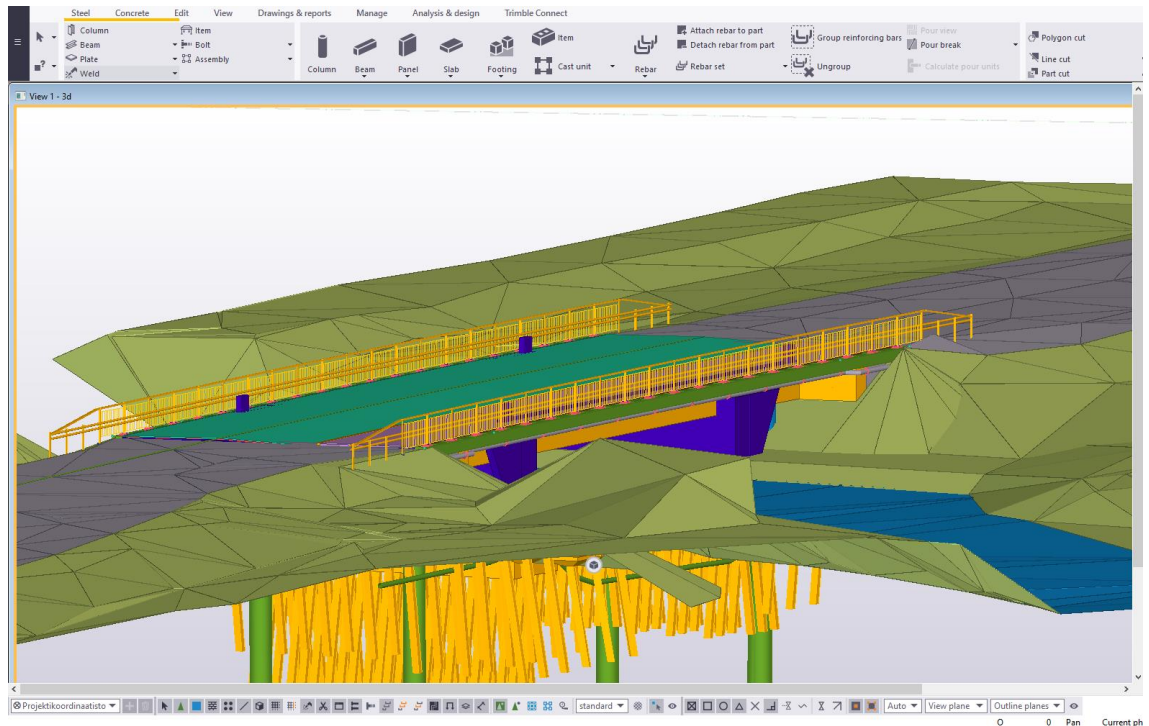


Kuva 3. Käyttökohteita maailmalla (Isermeyer PDF 2018)

### 3.3 Tekla Structures

Tekla Structures on rakennustietojen tietomallinnusohjelma. Sillä voidaan mallintaa rakenteita, jotka sisältävät erilaisia rakennusmateriaaleja kuten teräs, betoni ja puu (Kuva 4). Teklalla suunnitellaan rakennukset ja niiden komponentit 3D-mallinnuksella, joista voidaan tuottaa 2D-piirustuksia ja saada rakennetietoja esimerkiksi IFC:n kautta. Tekla Structures tunnettiin ennen vuotta 2004 XSteel nimellä ja nykyään ohjelmisto on Trimblen omistama. Tekla Structures-ohjelmisto tukee suuria malleja, joita useampi käyttävä voi yhtä aikaa työstää. Teklan malliin sisältyvät rakenneteräs, betoni, teräsbetoni, sekalaiset teräs- ja kevytrakenteiset kipsilevykehykset. Tekla kilpailee BIM (rakennuksen tietomalli) -markkinoilla muun muassa Autocad, Autodesk Revitin, DProfilerin, Digital Projectin, Lucas Bridgen ja PERICadin kanssa. (TEKLA 2020b.) Teklan mallista voidaan tuottaa muun muassa seuraavat tiedostomuodot: IFC, DWG ja DGN. Teklasta saadaan myös erilaisia raportteja, listoja ja NC-tiedostoja normaalien piirustusten (PDF) lisäksi. (TEKLA 2020a.) 3D-pdf-tiedosto tuotetaan Teklan-lisäosan Publish to 3D-PDF avulla.





Kuva 4. Tekla Structuresin työnäkymä

### 3.4 Publish to 3D-PDF

Publish to 3D-PDF on Teklan lisäosa, joka tuottaa 3D-pdf-tiedoston Teklan mallista tai sen osista. Ohjelman luomassa 3D-pdf-tiedostossa on kaikki tieto mitä mallista on mukaan valittu ja näitä voi pdf-tiedostossa valita ja tutkia. Ohjelmassa voi esimerkiksi valita tulostetaanko kiinnikkeet, vahvikkeet, hitsaukset yms. ja sisältääkö osat tietoa ja ovatko ne kokoonpanoja. (Publish to 3D-PDF 2020.)

### 3.5 Trimble Novapoint

Novapoint on Trimblen ohjelmisto, joka on suuntautunut väyläsuunnitteluun (tie, rata, tunneli, sillat, vesi ja viemärit). Novapoint-ohjelmalla voi luoda infrarakenteita 3D-maailmaan ja viedä ne helposti Trimble Quadriin, jossa työt ovat pilvipalvelussa. Ohjelmisto tukee useita eri tiedostoformaatteja, kuten DWG-, LandXML-, GML- ja IFC-tiedostoja. Novapoint-ohjelmistossa tehdään 3D-maasto- ja rakennemalleja, jotka sisältävät korkotietoja, ainetietoja ja rakenteita. Ohjelma on CAD-suunnittelupainotteinen ja siinä on sisäänrakennettu 3D-pdf-tulostus. (Trimble Novapoint 2020.)

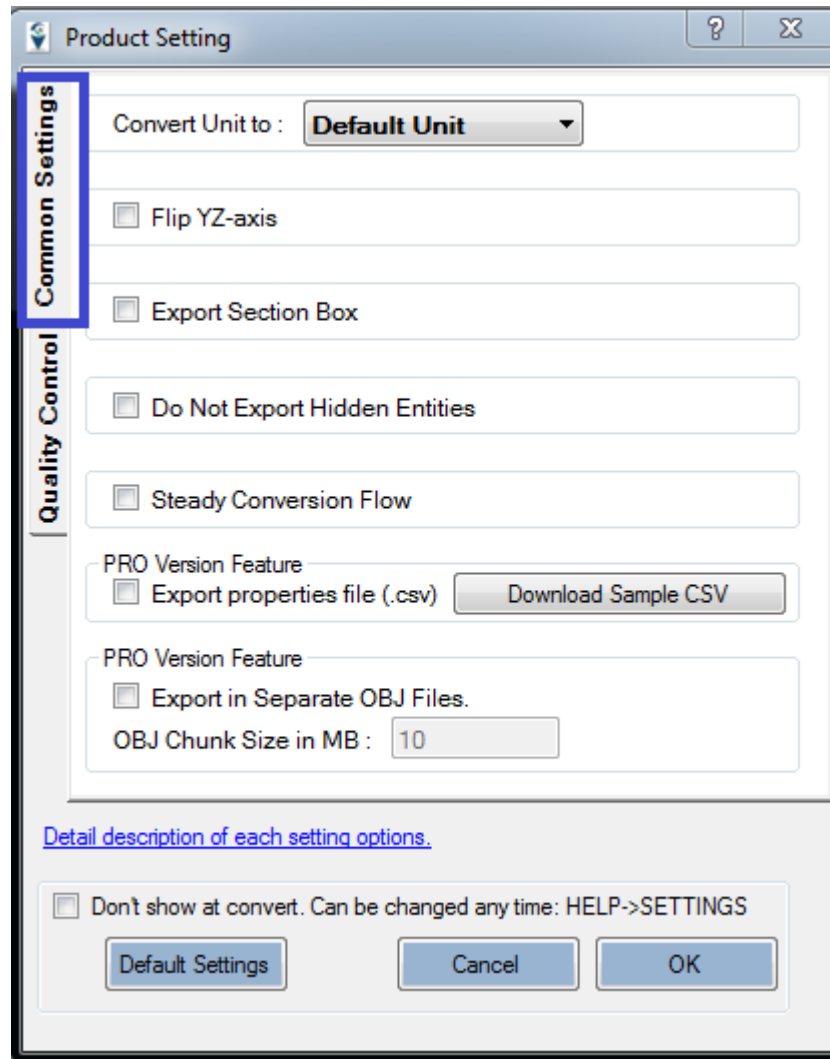
Novapoint-tuoteperheeseen kuuluu monia eri tuotteita. Näillä ohjelmistoilla pyritään luomaan yhtenäinen tiedostomuoto, jotta tiedostojen avaaminen on helpompaa ohjelmistojen kesken. Novapoint-ohjelmistotuotteita ovat muun muassa: Novapoint Base, Novapoint Bridge, Novapoint GeoSuite, Novapoint Landscape, Novapoint Railway, Novapoint Road, Novapoint Water and Sewer. Novapoint-ohjelmistot vaativat Autocad-ohjelmiston pohjalle toimiakseen, vaikka ovatkin oma ohjelmistonsa. (Trimble Novapoint 2020.)

### 3.6 Autodesk Navisworks Manage 2019

Navisworks on ohjelmisto, johon voidaan tuoda BIM-tietoa eri alustoilta. Tämän vuoksi ohjelma soveltuu hyvin tiedon yhteen paikkaan keräämisessä ja törmäysten tarkastelussa. Ohjelmistolla voidaan myös aikatauluttaa hankkeita ja suorittaa mittauksia itse mallista. (Autodesk Naviswork 2020.)

### 3.7 Vision Workplace Software Solutions 3DPDF

Vision Workplace Software Solutions 3DPDF on lisäosa Navisworks-ohjelmistoon, joka mahdollistaa sisällön muuttamisen 3D-pdf-tiedostomuotoon. Ohjelmisto tukee ison mallin muuton 3D-pdf-tiedostoksi ja siinä pystyy valitsemaan tulostettavat kohteet mallista. Ohjelma tuo olevat näkymät käännökseen mukaan ja ohjelmistossa voi määrittää muun muassa käännettävät yksiköt, päättää pyörytetäänkö mallia YZ-akselin ympäri tai tehdäänkö erillinen OBJ tiedosto (Kuva 5). (Vision Workplace 2020a; Vision Workplace 2020b.)



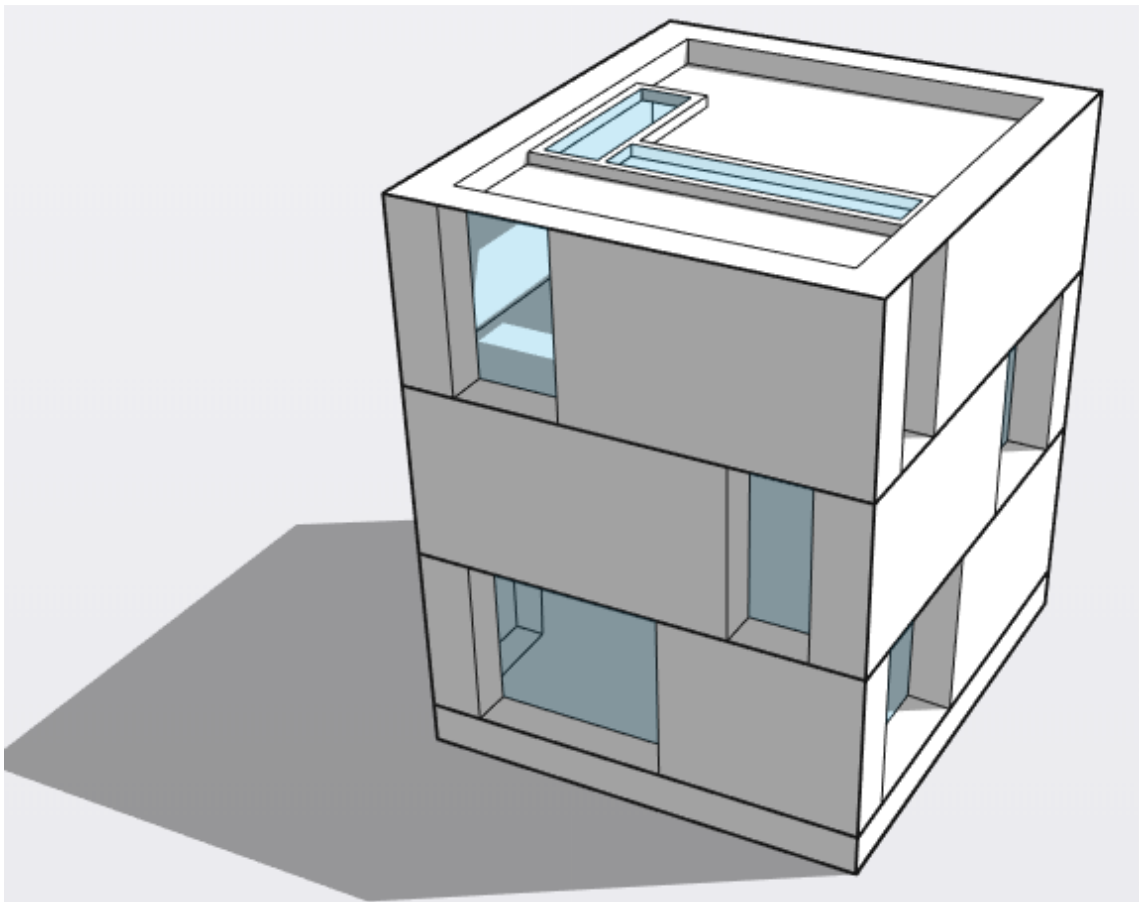
Kuva 5. Yleiset asetukset (Vision Workplace 2020b)

### 3.8 Autodesk InfraWorks

InfraWorks-ohjelmaa käytetään eri tekniikkalajien yhdistelmämallien teossa, sekä yleissuunnitteluvaiheen alustavassa mallintamisessa. Ohjelmaan saadaan ladattua mittatietoa ja näin tehtyä oikeanlaisia suunnitelmia. Sovelluksessa on hyvät ominaisuudet visuaalisen materiaalin tekoon. (Autodesk Infraworks 2020.)

### 3.9 SketchUp

SketchUp on ohjelma, jolla voi tehdä 3D-malleja itse tai hakea ohjelmaan sisältöä joko ohjelma omasta kirjastosta tai muista 3D- ja 2D-ohjelmista. Pääasiassa ohjelma on tarkoitettu 3D-pintamallintamiseen ja suunnittelun sekä ideointiin, eikä se sovellu tietomallintamiseen suoraan. Ohjelman erikoisuutena on mahdollisuus ladata karttamalli Google Earthistä ja näin saada malliin oikeanlainen maisemointi. (SketchUp 2020.)

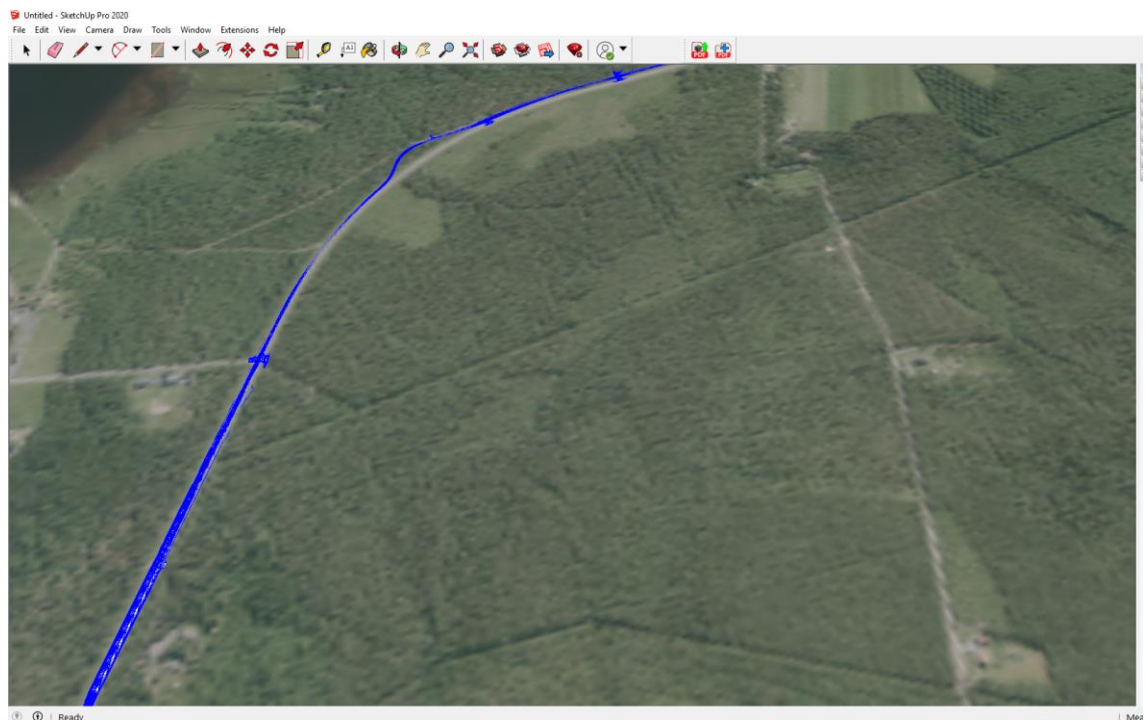


Kuva 6. Varjostusta (SketchUp 2020)

SketchUp mahdollistaa kellon tai kalenteriajan mukaan liikkuvat varjojen mallinnukset kohteisiin. 3D-kohteiden helppo muokattavuus ja monipuolinen tiedostomuoto-  
tuki mahdollistavat tiedon siirtämisen ja hankkimisen monelta ohjelmistolta. Ohjelmiston omistaa pörssiyhtiö Trimble ja se myös vastaa ohjelmiston kehittämisestä. (SketchUp 2020.)

### 3.10 Simlab 3D-Plugins SketchUp

SketchUp ohjelmakirjastosta löytyvä Simlab Soft:n tekemä lisäosa Simlab 3D-Plungins, joka mahdollistaa 3D-pdf-tiedostojen tulostamisen. Yritys on keskittynyt tekemään lisäosia moniin eri mallinnus- ja suunnitteluohjelmistoihin ja mahdollistaa niihin latauksen ja viennin monesta eri tiedostotyyppistä. (Simlab 2020.) Kuva 7 näkyy esimerkki satelliittikuvan ja väylämallin yhdistämisestä SketchUp ohjelmistossa, jonka pystyy lisäosan avulla kääntämään 3D-pdf-muotoon.



Kuva 7. Väylämallin ja satelliittikuvan yhdistelmä

### 3.11 Vision Workplace CAD Converter

Converter on itsenäinen maksullinen ohjelmisto, joka kykenee muuntamaan FBX-tiedostomuodon OBJ- tai 3D-pdf-tiedostomuotoon. Ohjelmistossa on selkeät ohjeet, miten ohjelmista saa tuotettua tarvittavan tiedostomuodon, jotta kääntäminen onnistuu. Kääntäminen on nopeaa ja isot tiedostokoot toimivat ohjelmistossa ja tulostettavaa kohdetta voidaan pyörittää tai kiertää ennen kääntämistä. (CAD Converter 2020.)

### 3.12 Adobe Acrobat Reader DC

Adobe Reader on ilmainen ohjelmisto pdf-tiedostojen katseluun. Maksullisessa pro-versiossa voidaan pdf-tiedostoa katsomisen lisäksi myös muokata, allekirjoittaa, kommentoida, kopioida sisältöä ja suojata pdf-tiedosto. Adobe Reader on ilmainen ohjelmisto, joka aukaisee 3D-pdf-tiedostot ja näyttää niiden sisällön. Adobe toimii mobiililaitteilla ja osaa hakea tiedostot suoraan verkkotallennuspaikoista: Dropbox, OneDrive yms. Sovellus pystyy kääntämään pdf-tiedostoja muun muassa MS Office-muotoon. Adobe on luonut Adobe Document Cloudin, johon käyttäjät pystyvät lataamaan ja jakamaan tiedostonsa. Cloudilla on tuki useimpiin Adoben sovelluksiin. (Adobe DC 2020a; Adobe DC 2020b.)

## 4 3D-PDF TIETOJA

Tässä luvussa käsitellään lyhyesti läpi 3D-pdf-tiedoston toimintaa ja ominaisuuksia, joita tutkimuksen aikana selvisi. Tiedostomuodosta löytyi tietoa internetistä amerikkalaisilta ohjelmistosivuilta, jotka olivat keskittyneet 3D-pdf-tiedoston ympärille. Euroopassa tiedostomuoto on tuntemattomampi ja siten täällä tehtyä tietoa ei ollut paljoa. Tarkempi analyysi tulee työn käsittelyvaiheessa.

### 4.1 Toiminta

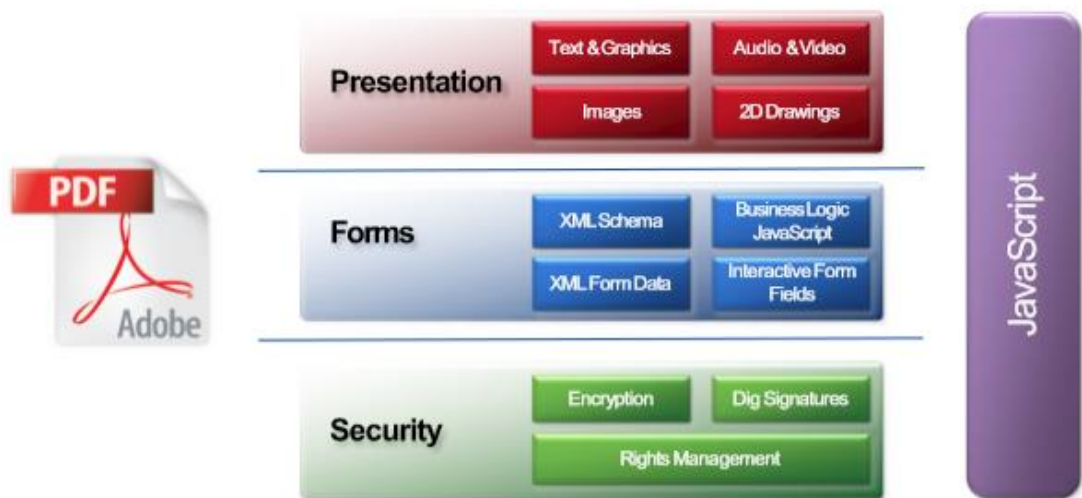
3D-pdf toimii samalla tavalla kuin normaali pdf-tiedosto. Ero on 3D-pdf-tiedoston sisältämässä 3D-geometriassa ja materiaalitiedossa. Tiedostoa käsitellessä pysytään 3D-kuvaa pyörittämään, lähentämään ja loitontamaan, kiertämään ja siinä voidaan poimia yksittäisiä komponentteja mallista ja saada näistä samat tiedot kuin alkuperäisessä mallissa on ollut tiedostoa tehdessä. Arkistointitarkoituksiin käytetään 3D-pdf-muotoa PDF/E, joka soveltuu hyvin pitkäaikaiseen tallennukseen. (Adode Blog 2015; PDF3D 2020.)

### 4.2 Soveltuvuus

3D-pdf soveltuu lisätiedoksi normaalien pdf-tiedostojen rinnalle ja sillä voidaan esittää mallissa oleva aineisto helposti. Tästä syystä se voi myös korvata tietyissä tapauksissa kokonaan 2D-kuvien tekemisen, sekä tuoda lisätietoa esitys- ja havainnointimateriaaliin. Pdf-tiedosto on tuettu kaikissa käyttöjärjestelmissä ja on tästä syystä riippumaton käyttöjärjestelmästä. (Isermeyer 2018, 15,20; PDF3D 2020.) Pdf-dokumentit voivat sisältää linkkejä ja painikkeita, lomakekenttiä, ääntä, sekä videoita. Näistä johtuen se soveltuu hyvin monelle eri työalalle. (Adobe 2020.)

### 4.3 Ominaisuudet

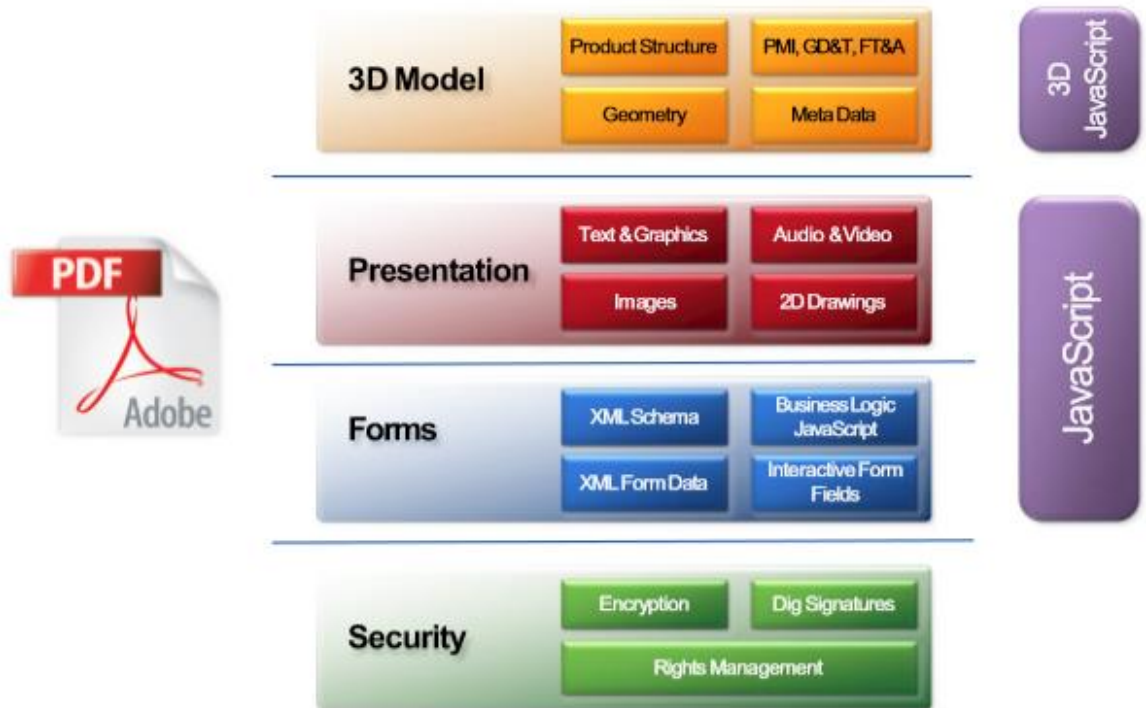
3D-pdf-tiedostossa oleva tieto on sama, jonka lähtömalli itse sisältää. Pdf on standardin ISO32000 mukainen ja 3D-pdf-tiedoston tarkempi muoto arkistoinnissa on PDF/E. Tiedosto sisältää geometriset tiedot, eikä pelkkiä kuvia tai tekstiä. (PDF3D 2020.) Kuva 8 ja Kuva 9 esittävät tavallisen pdf-tiedoston ja 3D-pdf tiedoston eroja.



A PDF Association Presentation · © 2018 by PDF Association · [www.pdfa.org](http://www.pdfa.org)

Kuva 8. Pdf-tiedoston sisältämiä ominaisuuksia





A PDF Association Presentation • © 2018 by PDF Association • [www.pdfa.org](http://www.pdfa.org)

Kuva 9. 3D-pdf:n sisältämiä ominaisuuksia

Adobe Reader sovelluksessa on 3D-pdf-tiedostoa avatessa seuraavat työkalut (

Kuva 10):

- suunnistustyökalut (käännä, pyöritä, paneroi, suurennä, kävele, lento, kameran ominaisuudet ja 3D-mittatyökalu)
- 3D-työkalurivin näkymäsäätimet: Oletusnäkymä, Näkymät-valikko
- näytä ja piilota mallipuu
- toista ja pysäytä animaatio
- käytä ortografista ja perspektiiviprojektia
- mallin näkymävalikko
- mallin lisävalaistus-valikko

- taustavärien vaihto
- näytä ja piilota läpileikkaus. (Adobe 2017.)



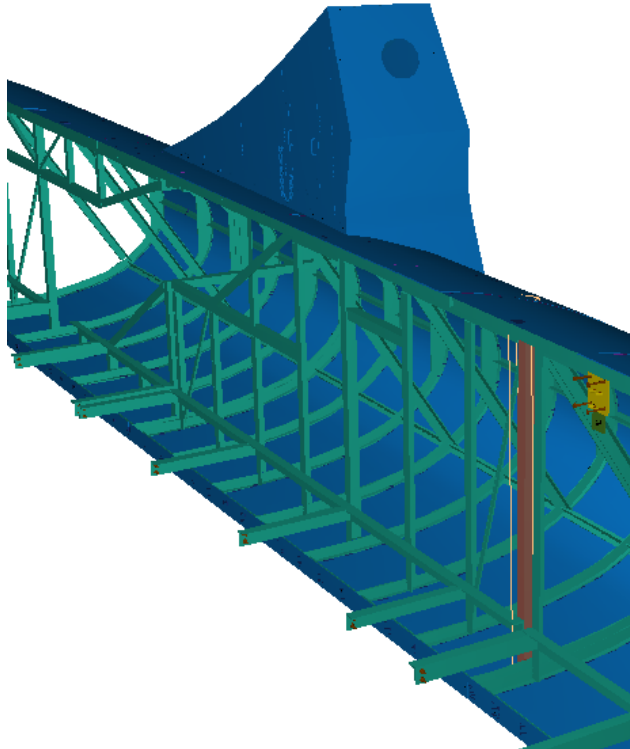
Kuva 10. Työvalikko 3D-pdf-tilassa

## 5 3D-PDF KÄYTTÖ JA SOPIVUUS SUOMESSA

Projektia käynnistäessä ilmeni nopeasti, ettei 3D-pdf-tiedostomuoto ollut Suomessa yleisessä käytössä. Esimerkkejä ei löytynyt Suomesta montaa ja nekin olivat kohdennetut, eivätkä soveltuneet siten suoraan tämän hankkeen pohjustukseksi. Amerikan tarjonta oli taas vahvasti yritysten hallussa, sillä siellä 3D-pdf on ollut työkalu kohti mallipohjaista suunnittelua ja irrottautumista ylimääräisistä 2D-kuvista. Tässä luvussa tutustutaan 3D-pdf-tiedostomuodon hyödyntämiseen ja sen luomiin mahdollisuuksiin.

### 5.1 3D-pdf tiedoston laadusta ja tietosisällöstä

3D-pdf-tiedoston luominen tapahtuu sovelluksen sisäänrakennetulla toiminnolla tai ulkopuolisen tekemällä lisäosalla (Kuva 11). 3D-pdf-tiedoston laadullinen tulos ei ole sama kaikkien ohjelmien tekemänä, vaan tutkimuksen edetessä huomattiin, että tiedoston toimivuus ja informaatio ovat riippuvaisia sovelluksen 3D-pdf-ohjelmiston laadusta (Kuva 12). Osa ohjelmista tekee tiedostot huonolaatuisiksi ja näin estävät 3D-pdf-tiedoston tehokkaan käytön, kun taas toiset tekevät toimivia tiedostoja ja niitä pystyy hyödyntämään suuremmassa mittakaavassa. 3D-pdf-tiedoston luominen oli jokaisessa ohjelmassa helppoa, eikä vaatinut erityistä osaamista. Näyttäisi siltä, että parhaat tulokset tulivat lisäosilla tehdyillä tulosteilla.



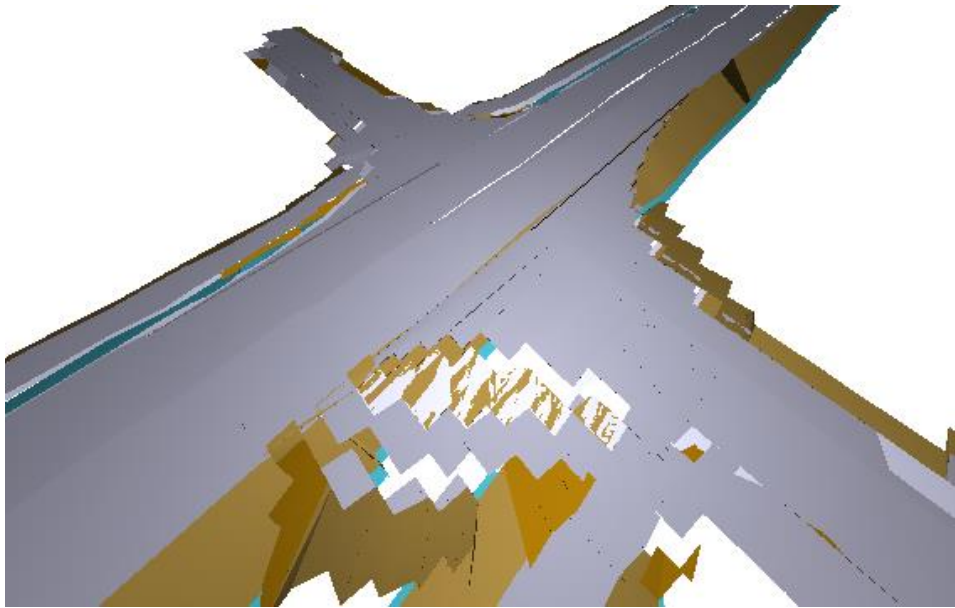
Kuva 11. Publish to 3D-PDF tulostekuva

Property	Value
Product.ObjectType	L100*10
Property.Area per tons	25.900000 m <sup>2</sup>
Property.Bottom elevation	+11.882
Property.Class	369
Property.CrossSectionArea	0.001920 m <sup>2</sup>
Property.Gross footprint area	0.000000 m <sup>2</sup>
Property.GrossArea	1.195539 m <sup>2</sup>
Property.GrossVolume	0.005886 m <sup>3</sup>
Property.Height	100.000000 mm

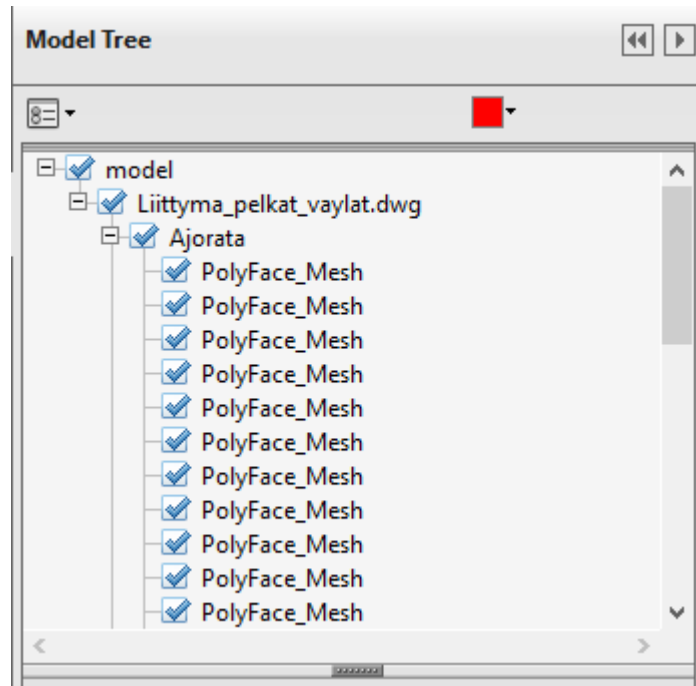
Kuva 12. Publish to 3D-PDF tietosisältö mallissa

Vaikka ohjelmat eivät vaatineet erityistä osaamista tulosteen tekemiseen, projektissa huomattiin, että hyvän tulosteen tekeminen edellytti useamman projektin

verran ymmärrystä itse käyttöohjelmistosta, jotta oikea data saatiin poimittua mallista tai tehtyä mallista oikeanlainen tiedosto. Näin 3D-pdf-tiedoston käännöksen hyvä laatu saavutettiin parhaiten, mutta joissakin ohjelmissa käännösjälki pysyi heikkona tekijästä riippumatta. Esimerkiksi Naviswork-ohjelmiston kautta tulostaessa kohde tuli hyvin rakeiseksi (Kuva 13), eikä sisältänyt mitään rakennetietoa itse mallista, vain mallinnuksessa käytettävät tasot (Kuva 14).



Kuva 13. Vision Workplace Software Solutions 3DPDF näkymä



Kuva 14. Vision Workplace Software Solutions 3DPDF. Model Tree tiedot

Kaikissa tapauksissa tietopuutteet eivät estä mallin hyödyntämistä. Esimerkiksi väyläsuunnittelun esittelymateriaali ei välttämättä tarvitse täydellistä tietosisältöä vaan pelkkä järkevästi nimetty Model Tree (tämä sisältää kaikki mallin rakenteiden nimet) riittää antamaan katsojalle tarvittavan tiedon kohteesta. Tämän takia 3D-pdf-tiedoston laatu ja sisältötiedon merkitys ovat enemmän tapauskohtaista, kuin yleisesti määriteltävä asia.

## 5.2 3D-pdf suunnittelussa

Tässä luvussa syvennyttään lähemmin opinnäytetyön kolmeen avain kohtaan, jotka olivat tutkimuksen pääsuuntia. Projektin laajuuden ansioista näkemyksiä saatiin tekijä-, tilaaja-, kuin asiakasportaan näkökulmista. 3D-pdf-tiedoston tutkimusta lähestyttiin ensin miettimällä missä ja miten tiedostomuotoa voisi hyödyntää ja sen jälkeen tutkittiin, onnistuisiko se jollakin ohjelmistolla helposti ja tilaajan odottamalla laadulla.

### 5.2.1 Siltasuunnittelussa tehdyt 3D-pdf havainnot

Projekti aloitettiin suunnittelunäkökulman kannalta. Heti alussa tuli selväksi, ettei 3D-pdf-tiedosto ole yleisessä käytössä Suomessa eikä Euroopassa. Tietoa löytyi lähinnä amerikkalaisilta sivustoilta ja nekin lähinnä yhtiöitä, jotka tekevät sovelluksia 3D-pdf-tiedostoon liittyen. Tiedon löytäminen puolueettomasta lähteestä oli vaikeaa ja projektissa todettiin, että toimivin tapa tiedon saantiin näyttikin olevan itse tiedostojen tekeminen ja kokeileminen eri ohjelmistoja käyttäen. Valmiit kohteet, joita maksullisilla ohjelmistoilla oli tehty, eivät käsitelleet, miten pohjustus 3D-pdf-tiedostolle oli tehty, vaan malleina oli onnistuneita tuloksia ja laadukkaita kuvia. Tutkimuksen edetessä havaittiin, kuinka paljon työtä laadukas kuva vaatii ja minkä verran siihen tarvittiin taustatietoa. Tästä tultiin päätelmään, että esitetyt mallit sivustoilla olivat vain keihään kärki, eivätkä kuvastaneet ihan täysin tiedostomuodon luomista tai siihen vaadittavaa taitoa.

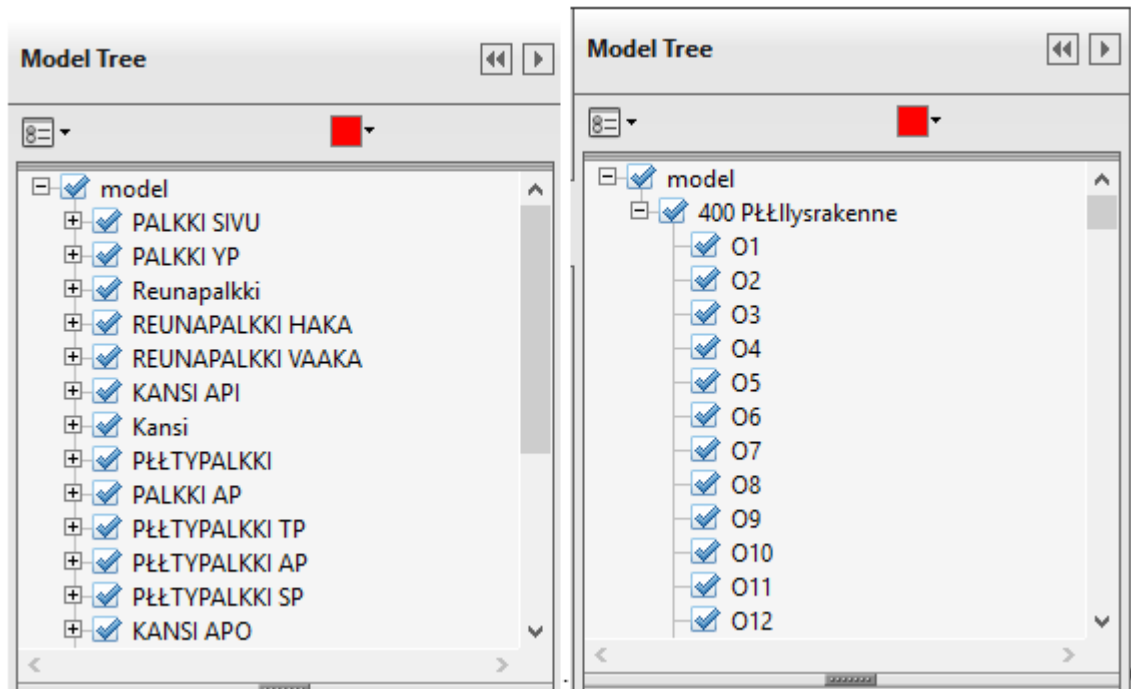
Siltasuunnittelussa käytetään Tekla Structures ohjelmistoa, johon on saatavilla Publish to 3D-PDF-lisäosa. Tämän lisäosan avulla oli helppo tehdä 3D-pdf-tiedostoja ja se sisälsi hyvin tietomallidataa (Kuva 15). 3D-pdf-tiedoston kannalta mallintamisessa ei tarvitse ottaa huomiota muuta erityistä, kuin nimeäminen, joka tehdään numerointisuosituksen mukaan.

Property	Value
Product.Name	MANTTELI
Product.ObjectType	PD1100*194.5
Property.Area per tons	2.700000 m <sup>2</sup>
Property.Bottom elevation	+1.090
Property.Class	221
Property.Gross footprint area	0.000000 m <sup>2</sup>
Property.Height	1100.000000 mm
Property.Length	2505.800000 mm
Property.Name	PD1100*194.5
Property.Net surface area	9.300000 m <sup>2</sup>
Property.NetVolume	1.381999 m <sup>3</sup>
Property.NetWeight	3454.996498 kg
Property.OuterSurfaceArea	9.315957 m <sup>2</sup>
Property.Phase	200
Property.Top elevation	+3.595
Property.Volume	1.400000 m <sup>3</sup>
Property.Weight	3455.000000 kg
Property.Width	1100.000000 mm

Kuva 15. Siltpilarin manttelin sisältämää tietoa 3D-pdf tiedostossa

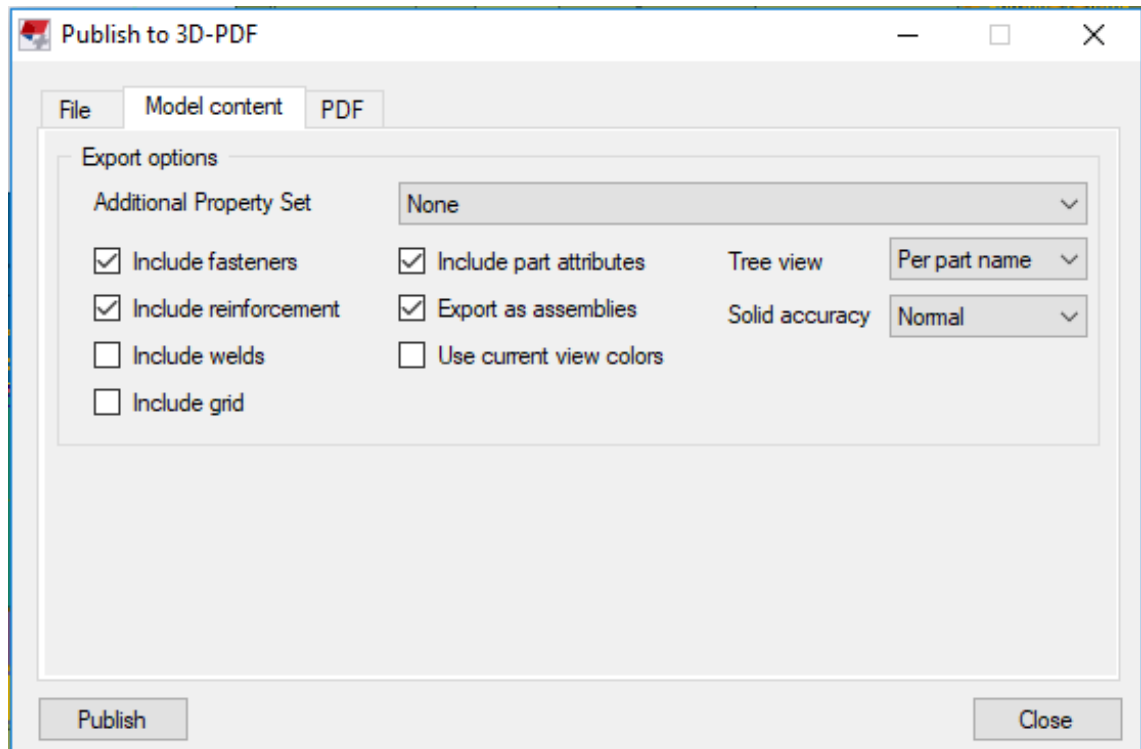
Tämä ei välttämättä ole 3D-pdf-tiedoston vastaanottajalla tiedossa ja voi tuntua hankalalta, jos nimeämiset eivät ole tuttuja, kun valitsee mallista osia ja näkee valitun osan nimen Model Tree:ssä (Kuva 16). Tähän voi mallin tekijä vaikuttaa eri tavoin. Hän voi nimetä osat selvästi, jos vastaanottajalla ei ole muuten selvyttä mallin osien nimeämisistä tai tehdä luettelon, jossa selitetään mitä mikäkin koodi tarkoittaa. Tämän määrittää 3D-pdf-tiedoston käyttötarkoitus esimerkiksi esitysmateriaali verrattuna mallin käyttö tarkastuksessa.





Kuva 16. Tree view näkymä nimet. Per part name ja Per phase ehdoilla

Publish to 3D-PDF antaa hyvin vaihtoehtoja, mitä tietoa mallista otetaan mukaan (Kuva 17). Mallin tietotasosta riippuen eri tietoa tulee valintojen avulla mukaan. Lopputulos on laadullisesti ja varsinkin kuvallisesti hyvä. 3D-pdf-tiedostossa ei näkynyt ylimääräisiä viivoja, eikä repeilyjä tai muita häiritseviä visuaalisia vikoja. 3D-pdf-tiedostoa ensimmäistä kertaa katsoessa kameraan tottuminen vaatii aikaa, vaikka tulosteen laatu olisi muuten hyvä. Suurin negatiivinen tekijä 3D-pdf-tiedostomuodossa onkin Adoben ohjelmiston käytettävyys niiden kanssa.



Kuva 17. Lisäosan tuomat nimeämis- ja valintavaihtoehdot

Adoben työkaluvalikko (Kuva 10) on looginen, mutta vaatii hiukan perehtymistä, jotta hyödyllisimmät työkalut löytyvät. Projektissa havaittiin 3D-pdf-tiedostoa katsellessa hyödyllisimmäksi työkaluksi kameran hallintavalikkoa. Tämä helpottaa mallin katsomista ja näkymän hallintaa (Kuva 18). Näkymän hallittavuuden kannalta Select Face komento oli hyödyllinen, jolla näkymän sain kohdennettua haluttuun rakenteeseen tai sen kohteeseen. Näin näkymä oli keskitetty juuri siihen kohtaan mihin katsoja halusi ja kiertämiset ja lähentämiset kohdistuivat valittuun pintaan. Tämän todettiin helpottavan käytettävyyttä ja teki tiedoston katsomisesta paljon miellyttävämpää.

**Camera Properties**

**Camera Preset**

Custom Save As ... Delete

Dynamic recalculation

**Alignment**

☒ Target ☐ Camera and Target

Select Model Select Face Select 3 Points

**Position**

☐ Angle units

Camera X: 111,24

Camera Y: 77,46

Camera Z: 24,09

**Target**

Target X: 72,56

Target Y: 38,78

Target Z: 4,78

**Parameters**

Field of View: 45°

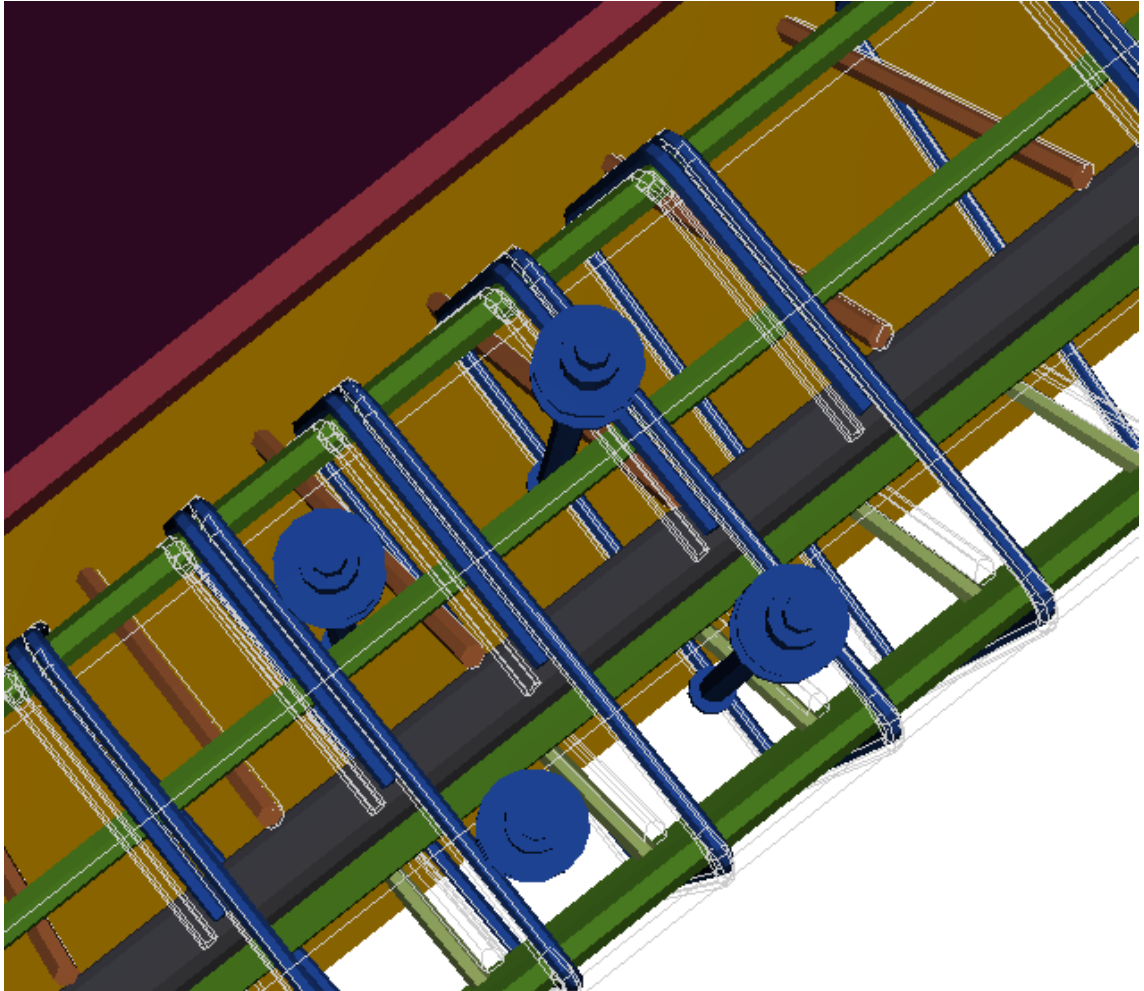
Roll: 0°

Save Camera View

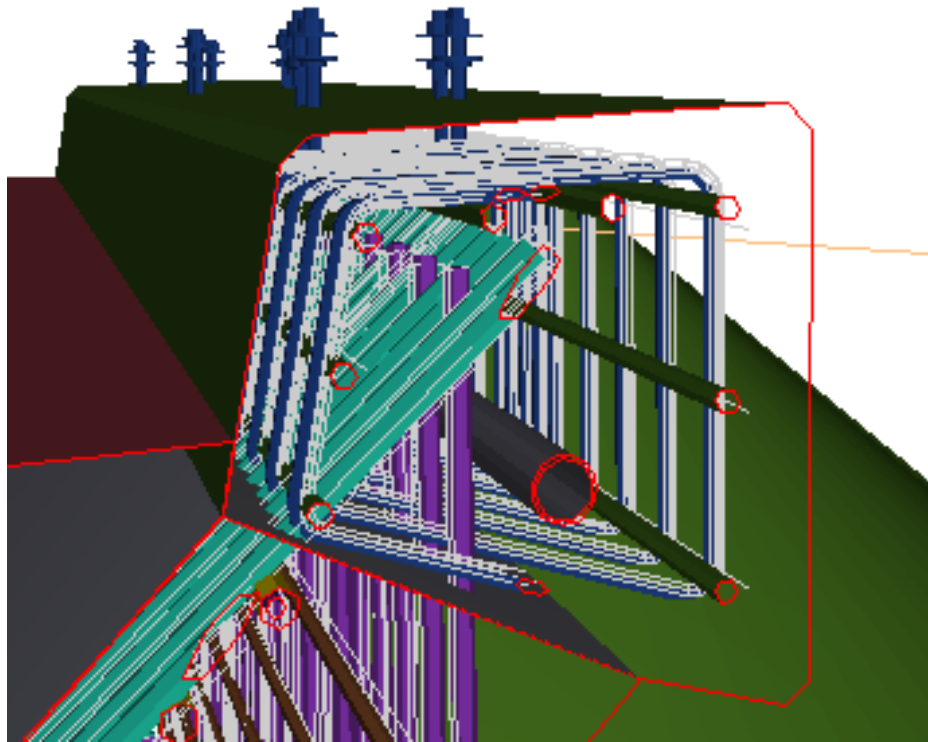
Kuva 18. Kameran hallinta asetukset

Parhaiten 3D-pdf-tiedosto toimii suunnittelutasolla havainnekuvina, joista esimerkiksi tarkastaja voi katsoa, missä kohti 2D-kuvassa oleva rauditus oikeasti menee (Kuva 19) tai miltä reunapalkin rauditus todellisuudessa näyttäisi oikeasti (Kuva 20).

Osa tutkimusajasta käytettiin tutustuesssa 3D-pdf-aiheeseen ja hakiessa suuntaa mihin ja miten tiedostoa voitiin hyödyntää suunnittelussa ja muissa suunnitteluun liittyvissä toimikuvissa. Tämän tyyliset ongelmat ratkeavat varmasti aikanaan, kun tietoisuus 3D-pdf-tiedoston ominaisuuksista lisääntyy ja sen käyttö alkaa olemaan houkuttavampi vaihtoehto normaali 2D-kuvien rinnalla, eikä tutkimuksissa enää tarvitse etsiä tietoa näin laajalla näkemyksellä.



Kuva 19. Kaidetolpan pulttiryhmän sijainti suhteessa rautoihin



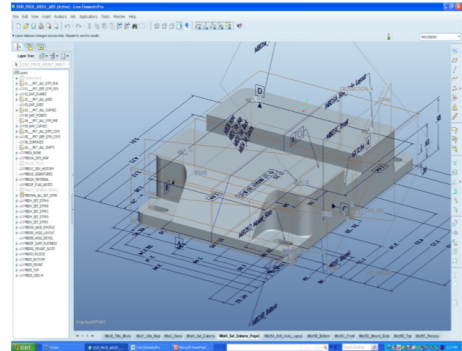
Kuva 20. poikkileikkaus reunapalkista

Amerikassa on pyrkimys saada kaikki suunnitteluaineisto pois 2D-kuvista ja siirtää ne 3D-pdf-tiedostoihin. Menetelmää kutsutaan Model-Based Definition (MBD) (Kuva 21) ja tämän menetelmän tarkoitus on päästä eroon turhista kuvista ja saada kaikki olennainen tieto 3D-malliin ja näin vähentää virheitä ja turhia tiedostoja. Euroopassa luultavasti tullaan ainakin osaksi seuraamaan samaa tietä osalla aloista ja varsinkin niillä aloilla, jotka tekevät yhteistyötä amerikkalaisten yritysten kanssa.

## What is MBD?

### Model-Based Definition (MBD) means:

- the practice of using 3D digital data (such as solid models and associated metadata) within 3D CAD software to provide specifications for individual components and product assemblies
- Implies no need for 2D drawings!



Uli Isermeyer  
Sr. BDM Document Cloud  
Adobe Systems GmbH

2018-05-14

A PDF Association Presentation · © 2018 by PDF Association · www.pdfa.org

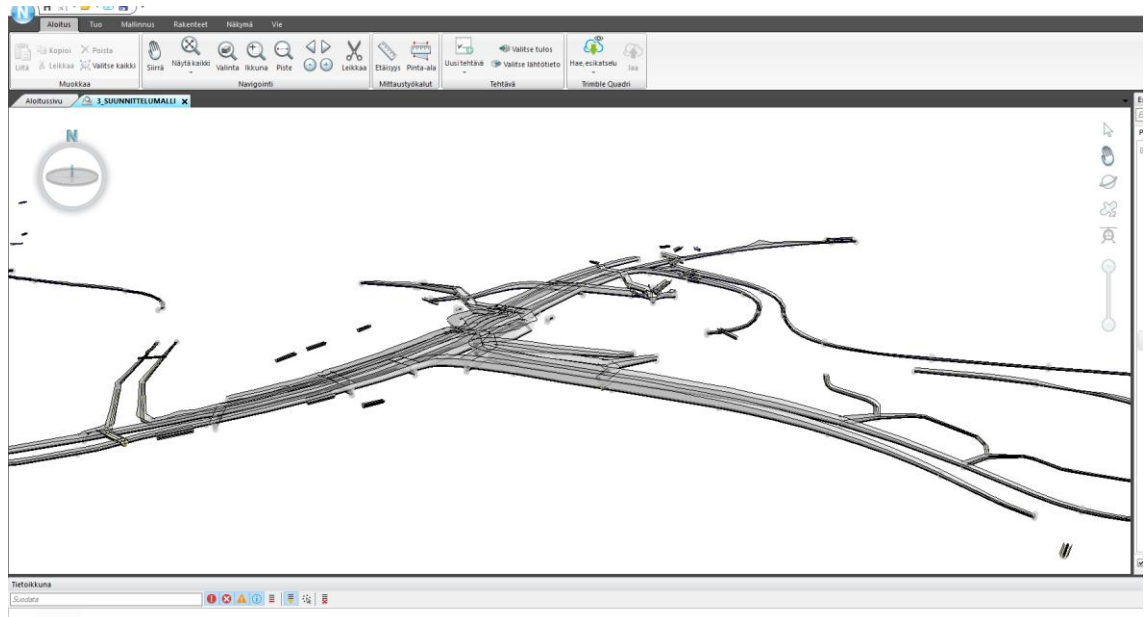
15



Kuva 21. Mitä on MBD? (Isermeyer 2018)

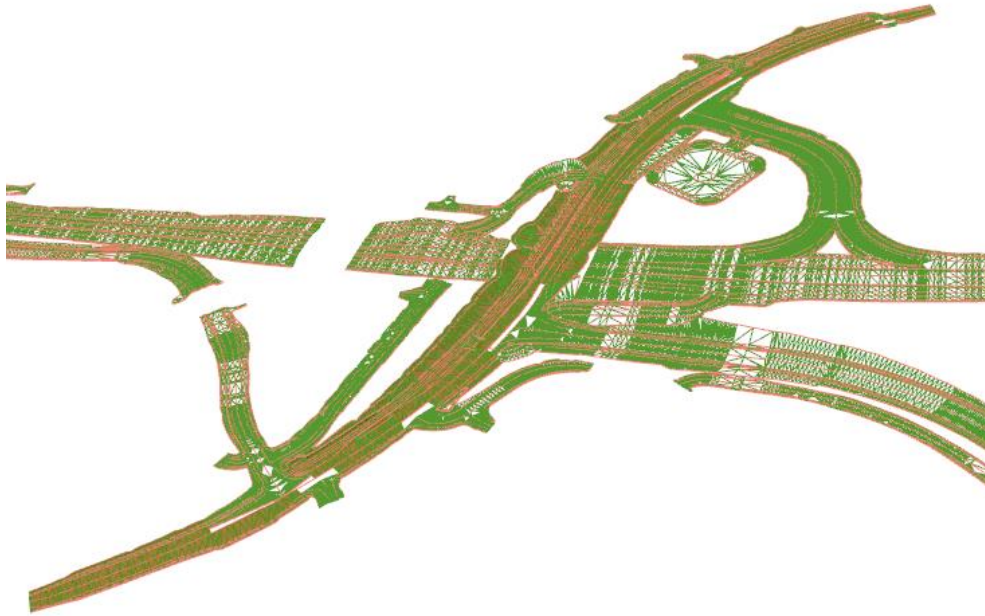
### 5.2.2 3D-pdf esittelymateriaalina

Projektin toisessa vaiheessa siirryttiin väyläsuunnittelun näkökulmaan ja esitysmateriaalin luontiin ja sen laadun tutkimiseen. Tämän osion kohdalla käytiin läpi useampi ohjelma, jotta päästiin haluttuun lopputulokseen ja löydettiin sopiva tulos. Väyläsuunnittelun päätyökalu WSP:llä on Novapoint-ohjelmisto (Kuva 22). Tämä oli ensimmäinen sovellus, jota asian tiimoilta tutkittiin ja joka antoi pohjan tutkimuksen suunnalle.

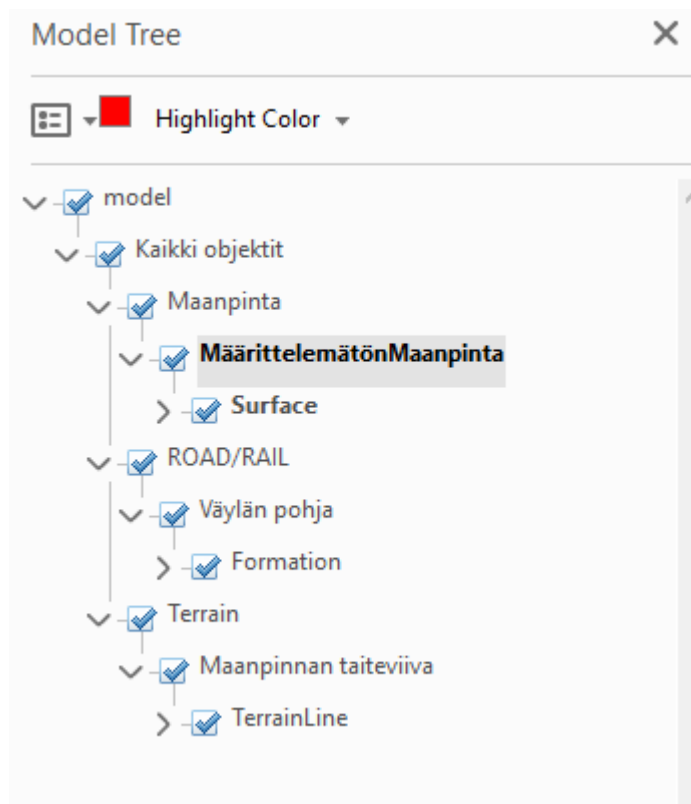


Kuva 22. Työnäkymä Novapoint-ohjelmistossa

Novapoint-ohjelmistolla tuotetaan väylämalleja ja niitä voidaan ladata ohjelmasta ulos eri muodoissa. Ohjelmistossa on sisään rakennettu 3D-pdf-tulostus. Ohjelma ei ole kaikista helpoin käyttää ja vaatii kokemusta, jotta käyttö on sulavaa. Tästäkin huolimatta tämä ohjelmisto otettiin pohjaksi tähän tutkimusvaiheeseen ja siitä tuotettu materiaali käännetään 3D-pdf-tiedostomuotoon. Ohjelman oman 3D-tulosteen (Kuva 23) laatu oli hyvä, mutta muuta tietosisältöä ei välittynyt Model Tree (Kuva 24) tietojen lisäksi mallista tiedostoon.



Kuva 23. Novapoint-ohjelmistosta tuotu AYP näkymä

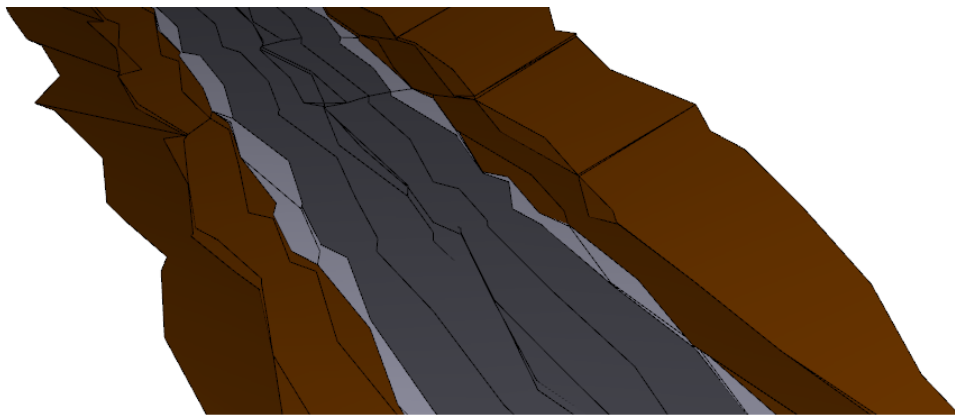


Kuva 24. Novapoint-ohjelmistosta tuleva tietosisältö



Tämä ei estänyt ohjelmiston hyödyntämistä esittelymateriaalina ja näin Novapoint valittiin ohjelmaksi, jolla väyläaineisto tuotetaan ohjelmiin, joista se käännetään 3D-pdf-tiedostoiksi. Aiheeseen liittyen tutkittiin muitakin tapoja tuottaa materiaalia muilla ohjelmistoilla sitä mukaa kuin niihin tutkimuksen edetessä törmättiin.

Ensimmäisten sovellusten joukossa oli Infraworks. Tämä sovellus jätettiin nopeasti ulos tutkittavista ohjelmista, kun havaittiin, ettei sovellus pystynyt tuottamaan 3D-pdf-tulosteita ja kaiken tarpeellisen pystyi tekemään jo tutkitulla ja enemmän käytetyllä Novapoint-ohjelmistossa. Navisworks-ohjelmistossa saa yhdistettyä BIM tiedostoja yhteen ja ne voidaan tulostaa 3D-pdf-tiedostomuotoon ohjelman lisäosaa Vision Workplace Software Solutions 3DPDF käyttäen. Ohjelmistokokonaisuus oli yksi lupaavimmista kokonaisuuksista tietojen yhdistämiseen, mutta 3D-pdf-tuloste ei ollut käytettävä (Kuva 25), johtuen näkymään tulleista laskennassa tapahtuvasta epätarkkuuksista. Tämä liittyi koordinaatistoon, jossa origo sijaitsi hyvin kaukana kohteesta ja sen takia piirto epätarkasti.

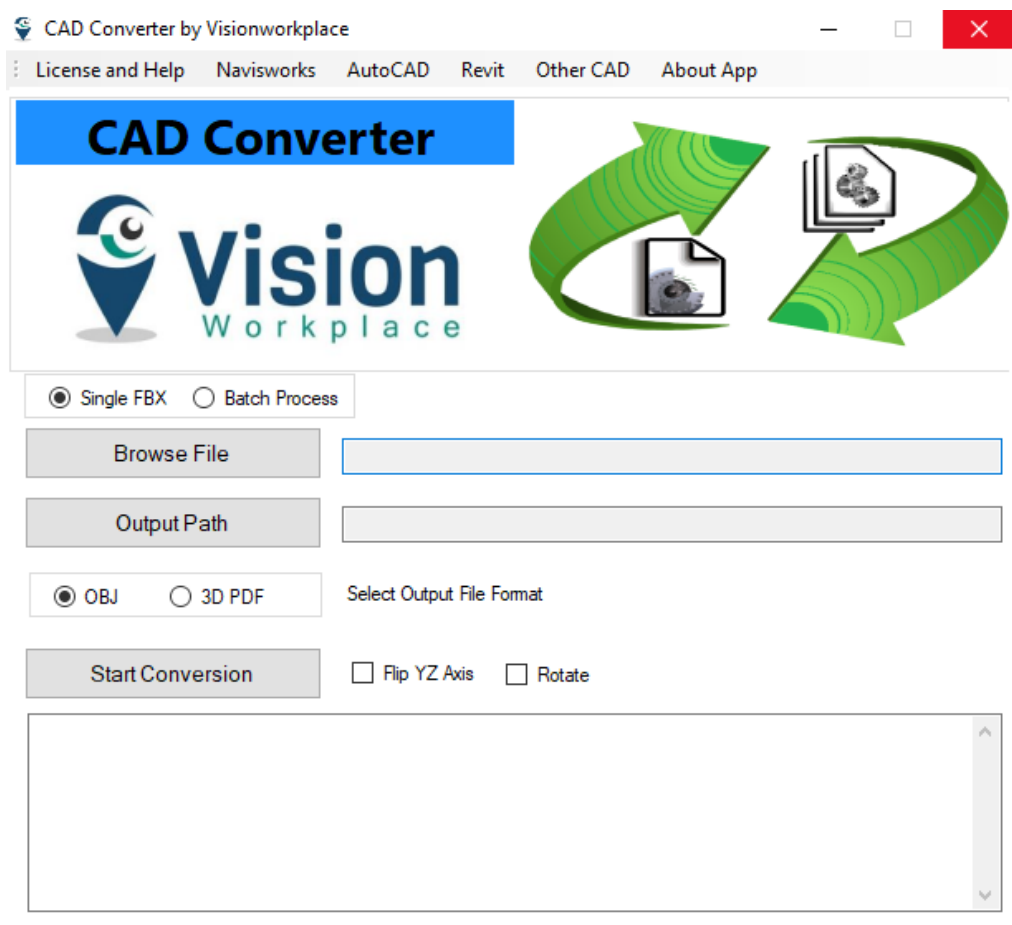


*This 3D PDF is created using trial version of **3D PDF Converter for Autodesk® Navisworks®***

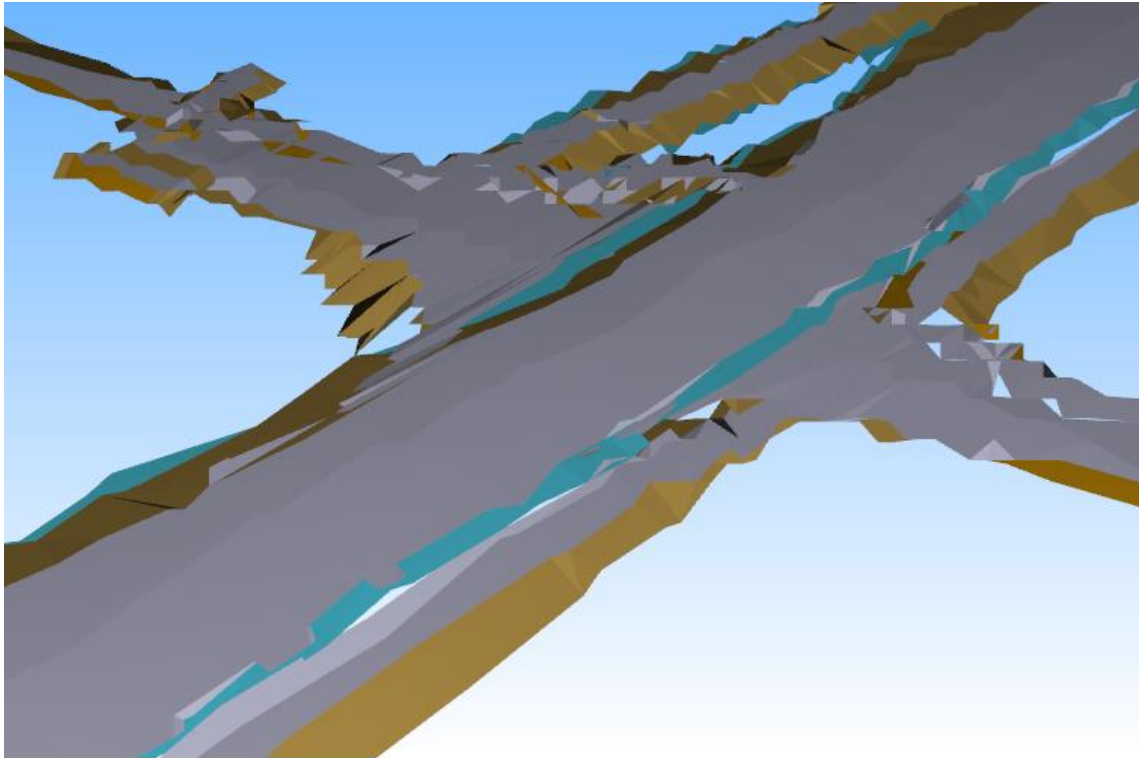
Kuva 25 Navisworks lisäosan 3D-tulostus

Ohjelmiston 3D-pdf-käännös sai viivoituksen näkyviin, mikä ei esitysmateriaaliin sopinut. Tätä ongelmaa ratkottiin väyläsuunnittelijoiden kanssa, mutta johtuen tiukasta aikarajasta tämä sovellus hylättiin, kun selvisi, ettei malliin tuotu satelliittikuva näkynyt 3D-pdf-tiedostossa. Satelliittikuvan esittäminen 3D-pdf-tulosteessa oli yksi tavoite ja kaikki sovellukset, jotka siihen eivät kyenneet hylättiin hyvän lopputuloksen löytämiseksi.

Cad Converter ohjelmisto on itsenäinen sovellus, joka kääntää FBX tiedostomuodot OBJ- tai 3D-pdf-muotoon. Käännöstapahtuma oli yksinkertainen ja ohjelmassa oli omat ohjeet, kuinka tehdä FBX-tiedosto yleisillä Cad-ohjelmilla (Kuva 26). Ohjelman tulostusjäljessä oli sama ongelma kuin Navisworks-lisäosan kanssa, origon etäisyydestä johtuva kuvan vioittuminen eikä ohjelma ymmärtänyt satelliittikuvia oikein tiedostoista, eikä ottanut niitä itse tulosteeseen mukaan, vaikka satelliittikuva oli mukana FBX-tiedostossa (Kuva 27). Tässä työssä ohjelman tutkiminen jätettiin siihen päätelmään, ettei se soveltunut halutun lopputuloksen tekoon.



Kuva 26. Cad Converterin ohjelma näkymä



*This 3D PDF is created using trial version of **CAD Converter***

Kuva 27. Cad Converter tulostejälki

SketchUp 2020-ohjelmisto on tehty 3D-suunnitteluun ja grafiikan käsittelyyn. Ohjelma soveltuu pintamallien ja esineiden luontiin. SketchUp-ohjelmistolla on laaja tiedostotuki, sekä laaja lisäosakirjasto. Tästä syystä ohjelma otettiin testaukseen ja tulokset olivat lupaavimpia koko ryhmässä. Novapoint-ohjelmistolla tuotetun aineiston avaamisessa ei ollut mitään ongelmaa, ohjelma tuki satelliittikuvia, eikä 3D-pdf-tiedoston laadussa tai tietosisällössä ollut puutteita verratessa mallin tietoihin. Ohjelma on erittäin monipuolinen ja tässä tutkimuksessa raapaistiin vain hyvin pientä osaa ohjelman ominaisuuksissa. Näitä olivat tiedostojen avaaminen, jossa ei havaittu mitään ongelmaa Cad-tiedostojen kohdalla. Ohjelma ymmärsi koordinaatiston tiedot mallista, joten satelliittikuvan pystyi lisäämään tarvittaessa jälkikäteen mukaan tiedostoon (Kuva 28).



Kuva 28. Vanhan tien ja uuden tien muutos 3D-pdf kuvassa

Tämä ratkaisu tuli vastaan aivan projektin aikataulun lopussa, joten syvempää testausta ei ohjelmistolle keretty tekemään. Muiden ohjelmistolla tekemää aineistoa tutkimalla saatiin (Kuva 29) kuvan mihin ohjelmisto on kykeneväinen. Nämä tulokset olivat lupaavia ja on tarkemman tutkimuksen aihe tulevaisuudessa.

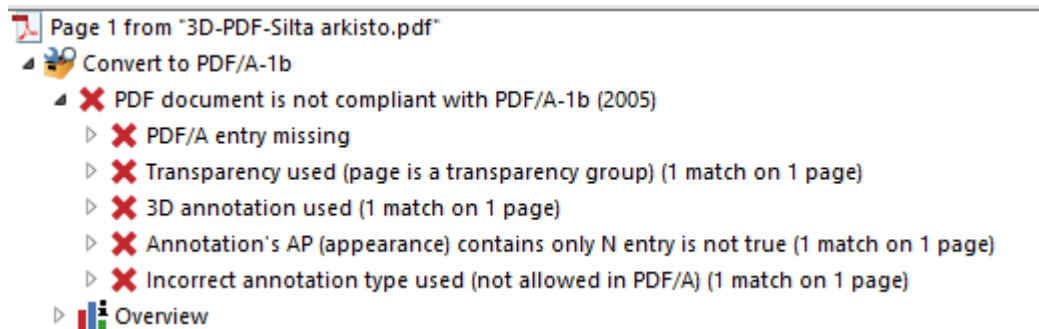


Kuva 29. Satelliittikuvan ja 3D-maanpinnan yhdistelmä

### 5.2.3 3D-pdf tiedoston arkistointi, muokkaus, kommentointi ja jälleenkäyttö

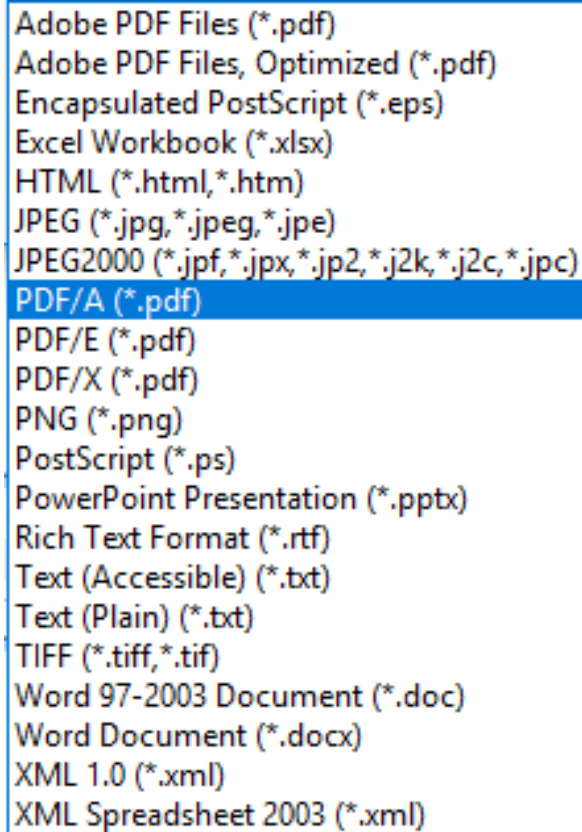
Tutkimuksen viimeinen näkökulma oli tutustua tiedostomuodon arkistointiin, sekä tiedoston muokkaukseen ja kommentointiin. Tiedostomuodon jälleenkäyttöä tarkasteltiin, myös tietomallinnuksen näkökulmasta. Jälleenkäytön tutkinnassa tuli nopeasti esille, ettei tietoa saada ulos 3D-pdf-tiedostosta ilman maksullisia ohjelmistoja ja niistäkin, joista se saadaan ei tietosisältö liiku mukana. Tästä syystä asian tarkempi tarkastelu jätettiin aikataulullisista syistä tähän. 3D-pdf-tiedoston

arkistointia tutkiessa selvisi, että 3D-pdf tukee PDF/A-3 ja PDF/E-2 ISO standardin mukaisia muotoja. 3D-tiedoston saaminen kyseisiin muotoihin vaatii kuitenkin tiettyjen ehtojen täyttymisen itse mallinteossa tai 3D-pdf-kääntäjässä ja näin ollen vaatisi syvemmälle menevän tutkimuksen, että itse tiedostot onnistuisivat täysin PDF/A ja PDF/E standardien mukaan (Kuva 30). Käännökset, jotka itse ohjelmisto näytti onnistuneiksi, kadottivat 3D-sisällön, joten ongelman alkuperä on varmaan itse 3D-pdf-tiedoston sisällä. Tämä ei kuitenkaan poista mahdollisuutta, etteikö 3D-pdf-tiedostoa voisi halutessaan käyttää arkistoinnissa.



Kuva 30. Adoben antama virheilmoitus PDF/A käännöksessä

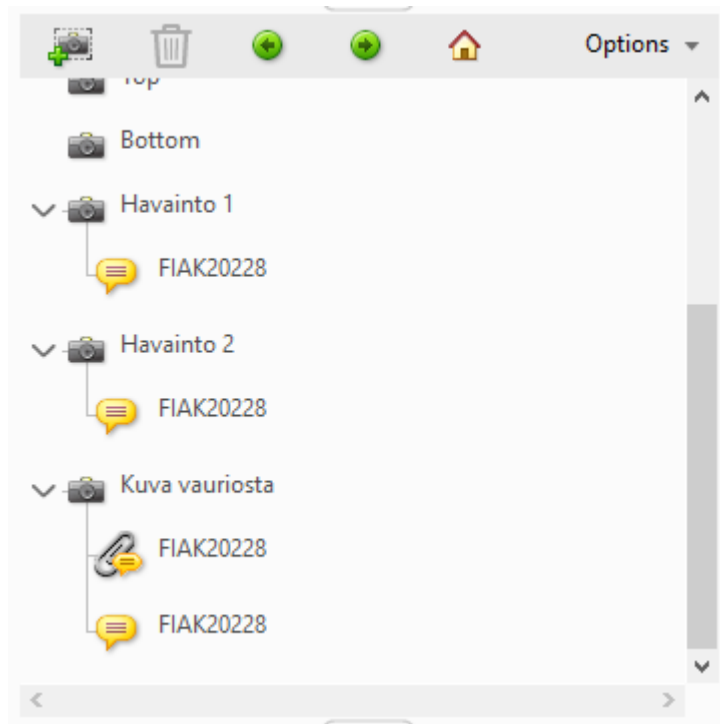
Pääohjelmanä tässä osiossa oli Adobe Acrobat Pro DC-ohjelmisto. Kaikki pohjaineisto on tehty edellisissä osa-alueissa käytetyillä ohjelmistoilla. Adobe pystyy kääntämään pdf tiedostot PDF/A ja PDF/E, sekä moneen muuhun muotoon (Kuva 31). Tutkimuksessa tehdyt arkistointi käännökset suoritettiin kaikki kyseisellä ohjelmalla.

A screenshot of a file format selection menu from Adobe software. The menu is a vertical list of file types, each with its extension in parentheses. The item 'PDF/A (\*.pdf)' is highlighted with a blue background. The list includes: Adobe PDF Files (\*.pdf), Adobe PDF Files, Optimized (\*.pdf), Encapsulated PostScript (\*.eps), Excel Workbook (\*.xlsx), HTML (\*.html,\*.htm), JPEG (\*.jpg,\*.jpeg,\*.jpe), JPEG2000 (\*.jpf,\*.jpx,\*.jp2,\*.j2k,\*.j2c,\*.jpc), PDF/A (\*.pdf), PDF/E (\*.pdf), PDF/X (\*.pdf), PNG (\*.png), PostScript (\*.ps), PowerPoint Presentation (\*.pptx), Rich Text Format (\*.rtf), Text (Accessible) (\*.txt), Text (Plain) (\*.txt), TIFF (\*.tiff,\*.tif), Word 97-2003 Document (\*.doc), Word Document (\*.docx), XML 1.0 (\*.xml), and XML Spreadsheet 2003 (\*.xml).

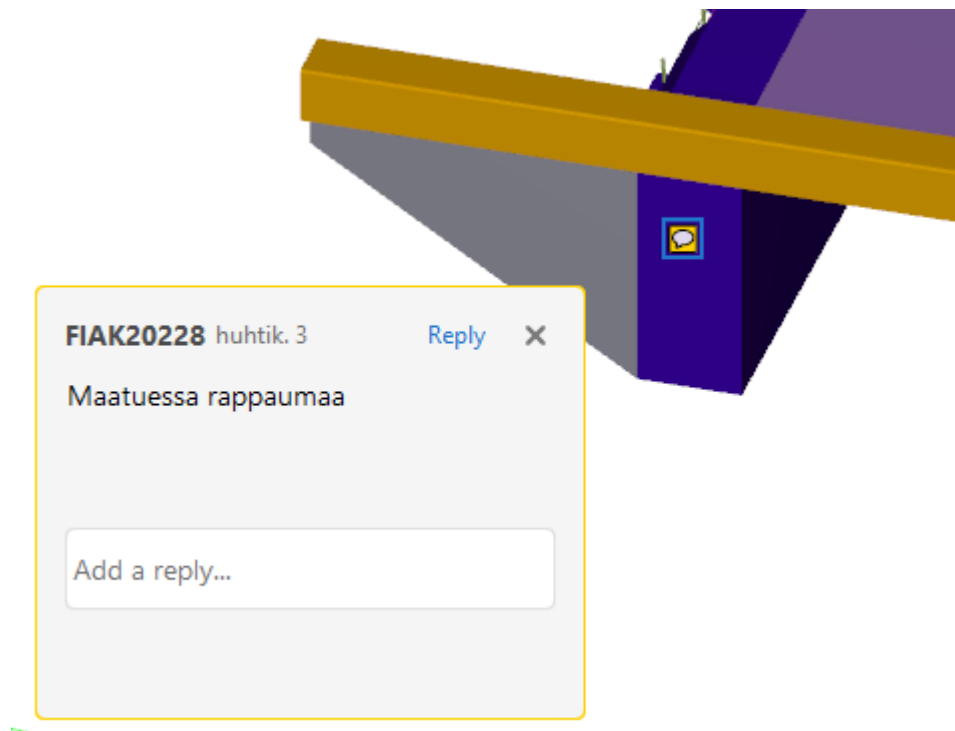
Adobe PDF Files (\*.pdf)  
Adobe PDF Files, Optimized (\*.pdf)  
Encapsulated PostScript (\*.eps)  
Excel Workbook (\*.xlsx)  
HTML (\*.html,\*.htm)  
JPEG (\*.jpg,\*.jpeg,\*.jpe)  
JPEG2000 (\*.jpf,\*.jpx,\*.jp2,\*.j2k,\*.j2c,\*.jpc)  
PDF/A (\*.pdf)  
PDF/E (\*.pdf)  
PDF/X (\*.pdf)  
PNG (\*.png)  
PostScript (\*.ps)  
PowerPoint Presentation (\*.pptx)  
Rich Text Format (\*.rtf)  
Text (Accessible) (\*.txt)  
Text (Plain) (\*.txt)  
TIFF (\*.tiff,\*.tif)  
Word 97-2003 Document (\*.doc)  
Word Document (\*.docx)  
XML 1.0 (\*.xml)  
XML Spreadsheet 2003 (\*.xml)

Kuva 31. Adoben tallennusvaihtoehtoja

3D-pdf-tiedoston muokkauksessa Adobea käyttäessä ei tullut ongelmia. Näkymiä oli helppo luoda (Kuva 32) ja kommentit voitiin sijoittaa haluttuun kohtaan (Kuva 33). Nämä olivat ominaisuuksia, joita tutkimuksessa haettiin.



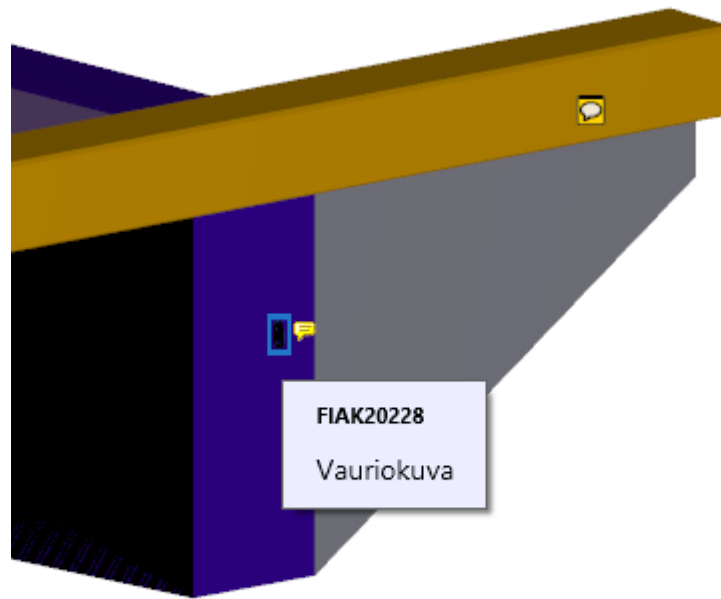
Kuva 32. Luotuja näkymiä pdf-tiedostossa



Kuva 33. Lisättyjä kommentteja Adobella



Tämän lisäksi kuvan lisääminen 3D-pdf-tiedoston sisään onnistui myös (Kuva 34) ja kuva avautuu erilliseen ikkunaan klikatessa. Näyttäisi, että kuvatiedoston lisääminen itse 3D-pdf-tiedostoon kasvatti tiedostokokoa jonkin verran, joten tämä on syytä ottaa huomioon, jos tiedossa on rajoja, joita tiedostokoko ei saa ylittää. Tämä on lupaava kohde jatkotutkimuksille esimerkiksi tarkastustoimintaa ajatellen, sekä tueksi arkistoinnissa esittämään esimerkiksi IFC- tiedoston sisältöä.



Kuva 34. Lisätyn kuvan ikoni Adobessa

Tutkimuksien lopussa havaittiin, että Adoben maksullinen versio oli hyvin toimiva sovellus tähän tarkoitukseen. Markkinoilla on muitakin sovelluksia, jotka mainosten perusteella kykenee samaan, mutta päädyttiin Adobeen sen yleisyyden vuoksi sillä, se on Suomessa todennäköisesti käytössä melkein jokaisessa konsulttiyrityksessä.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua ja tutkia 3D-pdf-tiedoston käyttöön suunnittelussa ja konsulttikäytössä. Tämän lisäksi tiedostomuodon esilletuonti eri tasoille oli henkilökohtainen tavoite tässä hankkeessa. Tulokset puhuvat puolestaan ja pidän hanketta onnistuneena ja positiivisena lisänä löytyi monta eri tutkimuskohdetta tulevaisuutta ajatellen. Projekti oli haastava siinä suhteessa, että olemassa olevaa hyödynnettävää tutkimusaineisto ei ollut paljoa ja tutkittavia ohjelmia oli useampi. Ohjelmistojen kanssa helpotti hyvä tuki kollegoilta ja parempia ongelmia sai helposti ratkottua yhteistyöllä, jopa eri osastojen henkilöiden kanssa. Hankkeen edetessä löysin itsestäni jopa pienen tutkijan ja huomasin, kuinka syvälle tämä aihe minut vei. Matkalla on tullut paljon uutta näkemystä suunnittelun osalle, kuin myös projektin läpiviennin suhteen. Tämä tutkimus oli aiheena hyvin laaja ja johtopäätösteni perusteella jokaisesta aiheesta saisi vielä oman lisätutkimuksen. Tämä opinnäytetyö luo siihen toivottavasti sen ensimmäisen portaan ja helpottaa seuraavaa tutkijaa kohdentamaan oman projektin haluamaansa suuntaan. Sovellusten jatkuvasti kehittyessä nämä tutkimustulokset eivät välttämättä muutamana vuoden päästä pidä täysin paikkaansa ja tämä on seuraavien jatkokäyttäjien hyvä huomioida. Myös inhimilliset virheet johtuen kokemattomuudesta ohjelmien ja oikean aineiston teon suhteen voi vaikuttaa vähän tulosten tarkkuuteen.

Yhteenvetona voisi sanoa, että suunnittelutasolla 3D-pdf tulee enemmän mukaan, kun huomataan 3D-pdf-tiedoston kätevyys nopean tiedonkulun välineenä ja tilaajaportaan alkaessa huomaamaan 3D-pdf-tiedoston hyödyn heidän työssään. Esitysmateriaalin suhteen 3D-pdf tuo hyötyä ja helppoutta ainakin asiakaspintaan, koska tämä ei sido asiakkaita mihinkään ohjelmistoihin ja on visuaalisesti helppo ymmärtää, sekä vähentää esittäjän tarvetta luoda useita malleja esitysmateriaalia varten. Jälleenkäyttöä ei välttämättä tietomallinnuksen suhteen kannata harkita, ennen kuin ohjelmistoyhtiöt muuttavat ohjelmat purkamaan kaiken tiedon 3D-pdf tiedostosta ulos ja sopivaan muotoon. Arkistointi on saman ongelman edessä, mutta nykyisessä järjestelmässä 3D-pdf voisi toimia IFC-tiedostojen esitystapana heille, joilla ei ole IFC-tiedostoja avaavia ohjelmistoja. Muokkaus ja kommentointi havaittiin mielenkiintoiseksi vaihtoehdoksi esimerkiksi tarkastustoiminnassa, jossa tarkastustapahtuma oli itse mallin tarkastusta tai jo

olemassa olevan rakenteen tarkastus. Jokaisesta tutkimussuunnista saisi mielestäni opinnäytetyön mittaisen projektin ja aiheen tullessa tunnetummaksi, en epäile, etteikö näin kävisi tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

Adobe 2017. 3D-mallien näyttäminen. Viitattu 16.12.2019.  
<https://helpx.adobe.com/fi/acrobat/using/displaying-3d-models-pdfs.html>

Adobe 2020. Mikä PDF on. Viitattu 16.12.2019. <https://acrobat.adobe.com/fi/fi/acrobat/about-adobe-pdf.html>

Adobe Blog 2015. Who Created the PDF. Viitattu 16.12.2019.  
<https://theblog.adobe.com/who-created-pdf/>

Adobe DC 2020a. Acrobat Reader DC:n ohje. Viitattu 14.4.2020.  
<https://helpx.adobe.com/fi/reader.html>

Adobe DC 2020b. Acrobat Reader DC:n uudet ominaisuudet. Viitattu 14.4.2020. <https://helpx.adobe.com/fi/reader/whats-new.html>

Autodesk Infraworks 2020. Sovelluksen tietosivu. Viitattu 14.4.2020.  
<https://www.autodesk.com/products/infraworks/overview>

Autodesk Navisworks 2020 Sovelluksen tietosivu. Viitattu 10.3.2020.  
<https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>

CAD Converter 2020. Autodeskin ohjelmistokaupasta. Viitattu 11.3.2020.  
[https://apps.autodesk.com/ACD/en/Detail/In-dex?id=8763249005969062454&appLang=en&os=Win32\\_64](https://apps.autodesk.com/ACD/en/Detail/In-dex?id=8763249005969062454&appLang=en&os=Win32_64)

Kaleva 2004. Suunnittelu-Kortes WSP-yhtiöön. Viitattu 12.3.2020.  
<https://www.kaleva.fi/uutiset/talous/suunnittelu-kortes-wsp-yhtioon/352878/>

PDF3D 2020. What is 3D PDF? Viitattu 18.12.2019.  
<https://www.pdf3d.com/faq/what-is-3d-pdf-2/>

PDF3D ReportGen 2020. ReportGen ostosivusto. Viitattu 19.12.2019.  
<https://www.pdf3d.com/products/pdf3d-reportgen/>

Publish to 3D-PDF 2020. Sovelluksen Tekla Warehouse sivusto. Viitattu 16.1.2020. <https://warehouse.tekla.com/#!/catalog/details/ud5d2ac1b-47ca-407c-acd0-59a51c9685a9>

Simlab 2020. SketchUp lisäosan sivusto. Viitattu 11.3.2020.  
[https://www.simlab-soft.com/3d-plugins/SketchUp\\_Plugins.aspx](https://www.simlab-soft.com/3d-plugins/SketchUp_Plugins.aspx)

SketchUp 2020. SketchUp ohjelmiston kotisivu. Viitattu 10.3.2020.  
<https://www.SketchUp.com/>

Tekla 2020a Tekla model output. Viitattu 16.1.2020 [https://teklastructures.support.tekla.com/not-version-specific/en/glo\\_ID91](https://teklastructures.support.tekla.com/not-version-specific/en/glo_ID91)

Tekla 2020b. Teklan tuotesivu. Viitattu 16.1.2020.  
<https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>

Trimble Novapoint 2020. Trimble Novapoint tuotesivu. Viitattu 10.3.2020. <https://www.novapoint.com/products/novapoint>

Isermeyer, U 2018. Isermeyer PDF 3D esitys pdf konferenssissa 2018. Viitattu 19.12.2019. [https://www.pdfa.org/wp-content/uploads/2018/06/1145\\_Isermeyer.pdf](https://www.pdfa.org/wp-content/uploads/2018/06/1145_Isermeyer.pdf)

Vision Workplace 2020a. 3D PDF Development. Viitattu 10.3.2020. <https://visionworkplace.com/service/3d-pdf-development>

Vision Workplace 2020b. Plugin Setting Options Explanation. Viitattu 10.3.2020. <https://visionworkplace.com/plugin-setting-dialog-help>

WSP 2020a. WSP intranet 2020. Viitattu 12.3.2020. WSP sisäinen verkko

WSP 2020b. WSP Palvelut. Viitattu 12.3.2020. <https://www.wsp.com/fi-FI/hubs/palvelut>

WSP 2020c. WSP Tarinamme. Viitattu 12.3.2020. <https://www.wsp.com/fi-FI/keita-olemme/tarinamme>

WSP 2020d. WSP Toimipisteet. Viitattu 12.3.2020. <https://www.wsp.com/fi-FI/keita-olemme/toimipisteemme>